

HS 21

VADEMECUM

Ökobilanzdaten und Kennwerte

Leitung HS 21:
Annette Gigon
gigon@arch.ethz.ch

Assistierende:
Kathrin Sindelar
sindelar@arch.ethz.ch
Moritz Holenstein
holenstein@arch.ethz.ch
Ania Tschenett
tschenett@arch.ethz.ch

Zusammenarbeit mit:
Arend Kölsch
kontakt@aka-energie.de

Arbeitsunterlagen zum Semester

Bild Umschlag: *Himmel über Zürich*, AG 2018

INHALT

05	DATENSAMMLUNG BAUSTOFFE/ -TEILE
06	Vergleichsgrössen
07	Ökobilanzdaten ausgewählter Baustoffe, anwendungsbezogen
08	Überschlägige Ökobilanzen von Aussenbauteilen
10	Optimale Dämmstärken, Heizung Erdgas und Wärmepumpe /Erdsonden
17	Überschlägige Ökobilanzen von Stützen
18	DATENSAMMLUNG PHOTOVOLTAIK
20	Umweltkennwerte
22	Erträge und „graue Abschreibungen“
24	Zusammenschau
26	KBOB ÖKOBILANZDATEN
38	PLANUNGSWERKZEUGE (TOOLS UND LINKS)
45	LEISTUNG UND ENERGIE - KENNWERTE



DATENSAMMLUNG BAUSTOFFE/ -TEILE

Blatt 1: Vergleichsgrössen

Energie und Gase sind in ihren Dimensionen buchstäblich schlecht greifbar. Zur Annäherung soll die folgende Zusammenstellung einen Begriff von den relevanten Grössenordnungen vermitteln (– ohne Anspruch auf Vollständigkeit, bzw. verbunden mit der Anregung, die Liste mit eigenen Vergleichsgrössen zu ergänzen).

Jährliche Treibhausgasemissionen, gesamt

	CO ₂ -eq/a
weltweit (2017)	48.4 Gt
weltweit, pro Kopf (2017, Weltbevölkerung 7,55 Mrd.)	6.4 t
Schweiz, nur Inland, ohne internat. Flug- u. Schiffsverkehr (2018)	46.4 Mio. t
Schweiz, wie oben, pro Kopf (2018, Bevölkerung 8,48 Mio.)	5.5 t
Schweiz pro Kopf inkl. im Ausland anfallende Emissionen	ca. 11.5–14 t
Schweiz, Anteil Gebäudesektor (2018, 24%)	11.1 Mio. t

1 Gt = 1 Mrd. t; 1 t CO₂ ≈ 556.2 m³

Daten: <https://www.climatewatchdata.org/>, <https://www.bafu.admin.ch/>; Zugriff 04-2021

Energieverbrauch in Gebäuden, Schweiz

Verwendungszweck	Endenergie	Anteil
	TWh/a	%
Raumwärme	62.0	30.1
Warmwasser	12.7	6.1
Lüftung, Klima, HT	5.8	2.8
Beleuchtung	5.2	2.5
Gebäude insgesamt	85.6	41.6
Schweiz, Inland, Verbrauch gesamt	206.0	100.0

1 TWh = 1'000 GWh = 1 Mio. MWh = 1 Mrd. kWh

Daten: Stand 2019, Bundesamt für Energie BFE / Prognos TEP 2020

Transporte

	Primärenergie nicht erneuerbar	Treibhausgas- emissionen
	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
10.000 pkm Flugreise *	4'540	1'120
10.000 pkm Autofahren, Benzin	9'090	1'990
10.000 pkm Autofahren, Strom	6'430	584
10.000 pkm im ÖV (Mittelwert)	2'418	221
100 tkm Gütertransport Zug	15.2	1.35
100 tkm Gütertransport Lastwagen (Durchschnitt)	62.2	13.5

Daten: KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2016

* Die gesamte Klimawirkung inkl. Kondensstreifen, Ozonbildung etc. beträgt ca. das 2,5-fache, vgl.

<https://www.atmosfair.de/de/kompensieren/flug/>

Umweltkennwerte Energieträger

Endenergieverbrauch	Primärenergie nicht erneuerbar	Treibhausgas- emissionen
	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
1 kWh Erdgas (oberer Heizwert) ≈ ca. 0,1 m ³	1.07	0.227
1 kWh Erdöl (oberer Heizwert) ≈ ca. 0,1 Liter	1.23	0.302
1 kWh Strom CH-Verbrauchermix (2018)	2.08	0.128
1 kWh Photovoltaik-Strom (Poly-Si, Wirkungsgrad 18%, optim. Aufstellung)	0.15	0.039

Die hier eingegebenen Kennwerte für Erdgas und Strom werden für Berechnungen in den Blättern 3 und 4a/4b verwendet.

Hinweis: Der hohe Anteil an Wasserkraft in der Schweizer Stromproduktion führt zu einem im internationalen Vergleich niedrigen Ausstoss an Treibhausgasen. In Deutschland liegt der Ausstoss bei 0.408 kg CO₂ pro kWh Strom (2019; Quelle: Umweltbundesamt).

Daten: Treeze / L. Krebs, R. Frischknecht: Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018, Uster 2021; PV: eigene Berechnung 2021

«Graue Energie», d.h. nicht erneuerbare Primärenergie, sowie «graue» Treibhausgasemissionen für Herstellung und Entsorgung lassen sich den KBOB-Tabellen entnehmen. Diese bilden auch die Grundlage für die meisten der unten aufgeführten Daten. Für die Anwendung im Entwurfsprozess sind die KBOB-Daten jedoch nicht unmittelbar anschaulich, weil sie zumeist pro kg angegeben sind. Nachfolgend wird für eine Auswahl gängiger Baustoffe eine Umrechnung in m² BTF (Bauteilfläche) angegeben, basierend auf einer typischen Schichtdicke. Einige nicht in der KBOB-Liste enthaltene Materialien wurden anhand Anhang D zu SIA 2032 oder Produktdeklarationen (EPDs) ergänzt.
Der Wärmedurchlasswiderstand bezieht die Dämmwirkung der Schicht.

Tragschicht							
Baustoff	Materialwerte		1 m ² BTF (Bauteilfläche)				
	Roh-dichte	λ-Wert	Typ. Dicke	Gewicht	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen	Wärmedurchlasswiderst. R _p
	kg/m ³	W/(m×K)	cm	kg/m ²	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	(m ² ×K)/W
Hochbaubeton (inkl. 1% Armierung)	2'300	2.20	20	460	108	48	0.09
Kalksandstein	1'400	0.70	20	280	111	39	0.29
Backstein	900	0.35	20	180	142	46	0.57
Dämmbackstein (Porotherm T7)	550	0.07	49	270	382	106	7.00
Porenbeton (Ytong ThermStrong)	500	0.10	20	100	93	42	2.00
Porenbeton (Ytong ThermUltra)	300	0.07	48	144	133	60	6.86
Kalkstein natur (Liesberger Kalkstein)	2'600	1.40	20	520	132	11	0.14
Massivholz-Wand (Brettschicht-/sperrholz)	470	0.13	20	94	211	42	1.54
Massivholz-Wand Fichte (ohne Leim)	485	0.13	20	97	49	10	1.54

Dämmschicht							
Baustoff	Materialwerte		1 m ² BTF (Bauteilfläche)				
	Roh-dichte	λ-Wert	Typ. Dicke	Gewicht	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen	Wärmedurchlasswiderst. R _p
	kg/m ³	W/(m×K)	cm	kg/m ²	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	(m ² ×K)/W
Steinwolle (Rockwool Klemmrock)	41	0.035	20	8.2	36	9	5.71
Glaswolle (Isover)	21	0.035	20	4.2	19	3	5.71
Schaumglas	100	0.040	20	20.0	106	23	5.00
Minerale Dämmplatte (Multipor)	115	0.045	20	23.0	68	20	4.44
EPS Polystyrol expandiert	30	0.035	20	6.0	179	46	5.71
XPS Polystyrol extrudiert	35	0.035	20	7.0	204	102	5.71
Zellulose (Schüttung)	50	0.040	20	10.0	10	3	5.00
Holzfaserdämmplatte (Pavatex)	115	0.040	20	23.0	72	10	5.00
Hanf-Kalk-Ziegel (Schönthaler)	300	0.070	20	60.0	120	21	2.86
Stroh (BauStroh)	115	0.049	35	40.3	9	4	7.14

Schutzschicht							
Baustoff	Materialwerte		1 m ² BTF (Bauteilfläche)				
	Roh-dichte	λ-Wert	Typ. Dicke	Gewicht	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen	Wärmedurchlasswiderst. R _p
	kg/m ³	W/(m×K)	cm	kg/m ²	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	(m ² ×K)/W
Klinkerschale inkl. Mörtel u. Anker	1660	0.950	11.5	190.9	264	87	0.12
Keramik inkl. Klebemörtel	1760	1.070	1.5	26.4	82	17	0.01
Aussenputz (zweilagig, inkl. Armierung u. Anstrich)	1100	1.000	1.5	14.5	33	9	0.02
Profilholz-Wandverkleidung hinterlüftet	485	–	2.8	13.6	37	7	–
Unterkonstruktion hinterlüftet, Stahlprofile	–	–	–	1.0	18	4	–
Stahlblech blank	7'850	50.000	0.15	11.8	91	22	0.00
Stahlblech verzinkt	7'850	50.000	0.15	11.8	185	41	0.00
Trapezblech Stahl verzinkt	7'850	50.000	0.07	8.2	129	29	0.00
Chromstahlblech	7'700	15.000	0.20	15.4	147	34	0.00
Aluminiumblech blank	2'690	160.000	0.20	5.4	144	30	0.00
Aluminium pulverbeschichtet	2'690	160.000	0.20	5.4	161	34	0.00
Bronze/Messingblech (benötigt noch eine Tragschicht!)	8'300	65.000	0.20	18.3	210	21	0.00
Flachglas beschichtet	2'500	0.760	0.80	20.0	94	23	0.01
Flachglas unbeschichtet	2'500	0.760	0.80	20.0	81	22	0.01

Fenster							
Element	Materialwerte		1 m ² BTF (Bauteilfläche)				
	Roh-dichte	λ-Wert	Typ. Dicke	Gewicht	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen	Wärmedurchlasswiderst. R _p
	kg/m ³	W/(m×K)	cm	kg/m ²	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	(m ² ×K)/W
Isolierverglasung 3-fach, Ug-Wert 0,5	–	–	3.6	–	327	77	1.83
Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1	–	–	2.4	–	261	67	0.74
Fenster, 22% Rahmen, Sonnenschutz, Ug = 0,6	–	–	–	–	675	157	0.83

Photovoltaik							
Daten zu PV (Flachdach / Schrägdach / Fassade) aus "Datensammlung Photovoltaikanlagen an Gebäuden" entnehmen. Je nach Ausführung können PV-Module die Funktion als Schutzschicht mit übernehmen.							

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle

Spalten Rohdichte [kg/m³] und λ-Wert [Wärmeleitfähigkeit; W/(m×K)] : Werte aus Datenquellen entnehmen.

Spalte Typische Dicke [cm]: Wählen nach Projekterfordernis. Verfügbare Dimensionen gem. Hersteller beachten.

Spalte Gewicht [kg/m²]: Rohdichte mal typische Dicke (in Metern).

Spalte Primärenergie n. erneuerbar [kWh oil-eq]: Pro-kg-Wert aus Datenquelle mal Gewicht.

Spalte Treibhausgasemissionen [kg CO₂-eq]: Pro-kg-Wert aus Datenquelle mal Gewicht.

Spalte Wärmedurchlasswiderstand R [(m²×K)/W]: Typische Dicke (in Metern) geteilt durch Lambda-Wert des Baustoffs.

Datenquellen

«Graue Energie» bzw. «Graue Emissionen» nach KBOB Ökobilanzdaten (Tabellen 2009/1:2016) und SIA Merkblatt 2032 Anhang D.

λ-Wert nach ubakus.de.

Werte für Multipor gemäss EPD des Herstellers (ohne Entsorgung).

Werte für Kalkstein gemäss https://www.ecobau.ch/resources/uploads/Oekobilanzdaten_Kalkstein.pdf (Zugriff 18.06.2021)

Werte für Hanf-Kalk-Ziegel gemäss https://www.hanfstein.eu/app/download/6682683018/170920+Sch%C3%B6nthaler_KBOB_gesamt.pdf (Zugriff 18.06.2021)

Werte für Baustroh (Dichte, Wärmeleitfähigkeit) gemäss <https://baustroh.de/extra/wissenswertes.html> (Zugriff 18.06.2021)

Blatt 3: Überschlägige Ökobilanzen von Aussenbauteilen (inkl. Wärmebedarf)

Die Tabelle bietet eine überschlägige Zusammenschau der Umweltkennwerte für Erstellung/Entsorgung und Betrieb anhand von Beispielen verschiedener Aussenbauteile, bezogen auf 1 Jahr der Lebensdauer und 1 m² Bauteilfläche. Sie soll schnelle Vergleiche von Bauteilvarianten ermöglichen, ohne ein Gebäude komplett modellieren zu müssen.

Die Werte für den Betrieb mit unterschiedlichen Heizungsanlagen werden näherungsweise anhand der Wärmeverluste pro Heizperiode ermittelt (Quelle: ubakus.de).

Putz und sonstige Oberflächenbeschichtungen bleiben ausser Betrachtung.

(Hinweis: Dies ist kein Ersatz für eine reguläre Lebenszyklusanalyse! Unberücksichtigt bleiben Lage, Kubatur, Lüftung, solare und interne Wärmegewinne sowie Energieverluste innerhalb des Heizsystems.)

Heizungsanlagen, Kennwerte für die Berechnung

Typ	Effizienz	Bezugsgrösse / Endenergieträger	Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen
			kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq
Erdgas kondensierend (Brennwerttechnik)	0.9 (Nutzungsgrad)	1 kWh Erdgas (oberer Heizwert) $\triangleq$ ca. 0,1 m ³	1.07	0.23
Wärmepumpe mit Erdsonden	4.0 (Arbeitszahl)	1 kWh Strom CH-Verbraucher (2018)	2.08	0.13

Aussenwände ungedämmt (nur zum Vergleich; bei hohen Wärmeverlusten kein effizienter Heizbetrieb möglich!)

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	gesamt pro m ² BTF		pro Jahr und m ² BTF		
			Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen
		a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh/a	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Betonwand ungedämmt	Beton 20 cm	60	108	48		1.8	0.8
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				321	381.6 / 166.9	80.9 / 10.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					383.4 / 168.7	81.7 / 11.1
Backsteinwand ungedämmt	Backstein Swissmodul 20 cm	60	142	46		2.4	0.8
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				134	159.3 / 69.7	33.8 / 4.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					161.7 / 72.1	34.5 / 5.1
Porenbeton-Wand, ungedämmt	Porenbeton 20 cm	60	93	42		1.5	0.7
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				45	53.5 / 23.4	11.3 / 1.4
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					55.0 / 24.9	12.0 / 2.1
Massivholzwand, unverleimt, ungedämmt	Massivholz 20 cm (ohne Leim)	30	49	10		1.6	0.3
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				48	57.1 / 25.0	12.1 / 1.5
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					58.7 / 26.6	12.4 / 1.9
Natur-Kalkstein-Wand, ungedämmt	Kalkstein massiv, 20 cm	60	132	11		2.2	0.2
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				242	287.7 / 125.8	61.0 / 7.7
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					289.9 / 128.0	61.2 / 7.9

Aussenwände gedämmt, U-Wert 0,1 W/(m²×K)

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	gesamt pro m ² BTF		pro Jahr und m ² BTF		
			Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen
		a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh/a	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Betonwand mit EPS-Dämmung	Beton 20 cm	60	108	48		1.8	0.8
	EPS-Dämmung 34 cm	30	304	78		10.1	2.6
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					21.4 / 16.1	5.4 / 3.7
Betonwand mit Steinwolle-Dämmung	Beton 20 cm	60	108	48		1.8	0.8
	Steinwolle 34 cm	30	60	16		2.0	0.5
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					13.3 / 8.0	3.3 / 1.6
Backsteinwand mit Steinwolle-Dämmung	Backstein Swissmodul 20 cm	60	142	46		2.4	0.8
	Steinwolle 33 cm	30	59	15		2.0	0.5
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					13.8 / 8.5	3.3 / 1.5
Dämmziegel-Wand	Porotherm T7, 2 × 36.5 cm	60	569	158		9.5	2.6
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					19.0 / 13.6	4.7 / 2.9
Porenbeton-Wand, Multipor-Aussendämmung	Porenbeton 36.5 cm	60	169	76		2.8	1.3
	Multipor 30 cm	30	103	30		3.4	1.0
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					15.7 / 10.4	4.3 / 2.5

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens- dauer	gesamt pro m² BTF		pro Jahr und m² BTF		
			Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen	Nutz- energie	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen
		a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh/a	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Holzständerwand mit Zellulosedämmung	Holzschalung 2,5 cm	60	26	5		0.4	0.1
	Massivholz (BSH) 40 cm × 8%	60	17	3		0.3	0.1
	Zellulose 40 cm × 92%	30	19	5		0.6	0.2
	Holzfaserdämmplatte 4 cm	30	14	2		0.5	0.1
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					11.3 / 6.0	2.4 / 0.6
Massivholzwand aus Brettschichtholz mit Holzfaserdämmung und Holzverkleidung	Massivholz (BSH) 20 cm	60	211	42		3.5	0.7
	Holzfaserdämmplatte 2 × 16 cm	30	116	16		3.9	0.5
	Unterkonstruktion	30	18	4		0.6	0.1
	Profilholz-Wandverkleidung	15	37	7		2.5	0.5
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				8	9.5 / 4.2	2.0 / 0.3
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					19.9 / 14.6	3.9 / 2.1

Aussenwände mit PV-Fassade, U-Wert 0,15 W/(m²×K)

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens- dauer	gesamt pro m² BTF		pro Jahr und m² BTF		
			Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen	Nutz- energie	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen
		a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh/a	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Massivholzwand aus Brettschichtholz mit Glaswolledämmung und PV-Fassade (Südausrichtung, Silizium polykristallin)	Massivholz (BSH) 20 cm	60	211	42		3.5	0.7
	Glaswolle 18 cm	30	17	3		0.6	0.1
	Photovoltaikmodul, Fassade	30	770	207		25.7	6.9
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				12	14.3 / 6.2	3.0 / 0.4
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					44.0 / 36.0	10.7 / 8.1
	Solarstrom, selbst genutzt: Einsparpotential ggü. Netzstrom CH-Verbraucher				-128	-266.2	-16.4
	gesamt inkl. PV (Wärmepumpe)					-230.3	-8.3
Kalksandsteinwand mit Steinwolle- Dämmung und PV- Fassade (Westausrichtung, CdTe)	Kalksandstein 20 cm	60	111	39		1.9	0.6
	Steinwolle 22 cm	30	39	10		1.3	0.3
	Photovoltaikmodul, Fassade	25	590	142		23.6	5.7
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				12	14.3 / 6.2	3.0 / 0.4
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					41.0 / 33.0	9.7 / 7.0
	Solarstrom, selbst genutzt: Einsparpotential ggü. Netzstrom CH-Verbraucher				-91	-189.3	-11.6
	gesamt inkl. PV (Wärmepumpe)					-156.3	-4.6

Durch selbst genutzten PV-Strom kann potentiell ein Energieträger mit schlechteren Umweltkennwerten ersetzt werden (Hier: Netzstrom CH-Verbraucher). Damit verbundene «Gutschriften» an Primärenergie und Emissionen sind auf Bauteilebene nur bedingt aussagekräftig, werden hier aber dennoch zu Vergleichszwecken angeführt.

Sonstige Aussenbauteile

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens- dauer	gesamt pro m² BTF		pro Jahr und m² BTF		
			Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen	Nutz- energie	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas- emissionen
		a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh/a	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Fenster inkl. Rahmen u. Sonnenschutz	Fenster (U _g = 0,6, U _w = 0,95)	40	675	157		16.9	3.9
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				77	91.5 / 40.0	19.4 / 2.5
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					108.4 / 56.9	23.3 / 6.4
Natur-Kalkstein- Wand, Multipor- Innendämmung (U = 0,27 W/m²K)	Kalkstein massiv, 20 cm	60	132	11		2.2	0.2
	Multipor 14 cm	40	48	14		1.2	0.3
	Heizwärme (Gas / Wärmepumpe)				23	27.3 / 12.0	5.8 / 0.7
	gesamt (Gas / Wärmepumpe)					30.7 / 15.4	6.3 / 1.3

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle

Spalte Lebensdauer [a]: Begründbare Annahme treffen. Siehe auch Bauteiltabellen zu SIA 2032 Anhang D, Spalte "Amortisation"

Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen gesamt: übernehmen aus Blatt 2. (Evtl. auf andere Schichtdicke umrechnen.)

Spalte Nutzenergie [kWh/a]:

a) Heizwärme: Schichtaufbau bei ubakus.de eingeben. Unter "Ökobilanz" wird der Wärmeverlust ausgegeben.

b) Solarstrom: Jahresertrag aus "Datensammlung Photovoltaikanlagen an Gebäuden", Blatt 3 übernehmen.

Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen pro Jahr:

a) Bauteilschichten: Gesamtwerte geteilt durch Lebensdauer

b) Heizwärme: Wärmeverlust geteilt durch Nutzungsgrad bzw. Arbeitszahl der Heizanlage mal Umweltkennwerte der Endenergieträger (Erdgas bzw. Strom)

c) Einsparungen durch Solarstrom: Jahresertrag mal Umweltkennwerte des zu ersetzenden Energieträgers (Netzstrom CH Verbraucher)

Blatt 4a: Optimale Dämmstärken, Heizung Erdgas

Dickere Dämmschichten führen zu geringeren Heizwärmeverlusten, also zu weniger Betriebsenergie. Zugleich nimmt die Graue Energie für die Dämmstoffherstellung zu.
Ab einer bestimmten Dämmstärke übersteigt der zusätzliche Einsatz an Grauer Energie die dadurch eingesparte Betriebsenergie.
Da hier der Primärenergieverbrauch (n.e.) betrachtet wird, haben das gewählte Heizsystem bzw. dessen Endenergieträger einen Einfluss auf diesen Optimalwert, vgl. Blatt 4b.
Es handelt sich um eine überschlägige Betrachtung; in der Praxis wird die Dämmstärke von weiteren bauphysikalischen, konstruktiven und wirtschaftlichen Faktoren beeinflusst.

Heizungsanlage, Kennwerte für die Berechnung				
Typ	Effizienz	Bezugsgrösse / Endenergieträger	Primärenergie n. erneuerbar	Treihausgas-emissionen
			kWh oil-eq	g CO2-eq
Erdgas kondensierend (Brennwerttechnik)	0.9 (Nutzungsgrad)	1 kWh Erdgas (oberer Heizwert) ≈ ca. 0,1 m³	1.07	227

Lebensdauer, Annahme für die Berechnung	
für alle Dämmstoffe	30 Jahre

Gesucht: kleinster Gesamtwert für Primärenergie (orange), Treibhausgase (gelb)																																
Material	λ-Wert	Umweltkennwert	für ...	Einheit	Dämmstärke cm																											
					1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80			
WLG 035	0.035	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	181.0	111.0	63.0	44.0	34.0	27.0	23.0	19.7	17.4	15.5	14.0	12.8	11.8	10.9	10.2	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	5.7	4.9	4.2	3.7			
WLG 040	0.040	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	197.0	123.0	71.0	49.0	38.0	31.0	26.0	22.4	20.0	18.0	16.4	15.0	13.6	12.5	11.7	10.9	10.1	9.5	9.0	8.5	8.0	6.5	5.4	4.6	4.1			
WLG 045	0.045	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	210.0	134.0	78.0	55.0	42.0	35.0	29.0	25.0	22.0	20.0	18.0	16.4	15.0	14.0	13.0	12.0	11.2	10.6	10.0	9.5	9.0	7.1	5.8	5.0	4.5			
WLG 049	0.049	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	221.0	143.0	84.0	59.0	46.0	37.0	32.0	27.0	24.0	21.0	19.0	17.5	16.2	15.0	14.0	13.0	12.2	11.5	10.8	10.3	9.8	8.0	6.8	5.8	5.1			
WLG 070	0.070	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	264.0	181.0	111.0	80.0	63.0	52.0	44.0	38.0	34.0	30.0	27.0	25.0	23.0	21.3	19.8	18.5	17.4	16.4	15.5	14.7	14.0	11.0	9.0	7.8	7.0			
WLG 080	0.080	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	280.0	197.0	123.0	90.0	71.0	58.0	49.0	43.0	38.0	34.0	31.0	28.0	25.5	23.5	22.0	20.8	19.7	18.7	17.7	16.8	16.0	13.0	10.7	9.0	8.0			
Steinwolle (Rockwool Klemmrock)	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.06	0.12	0.24	0.36	0.47	0.59	0.71	0.83	0.95	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	3.0	3.6	4.1	4.7			
			heizen	kWh oil-eq/a	215	132	74.9	52.3	40.4	32.1	27.3	23.4	20.7	18.4	16.6	15.2	14.0	13.0	12.1	11.3	10.6	10.0	9.4	8.8	8.3	6.8	5.8	5.0	4.4			
			gesamt	kWh oil-eq/a	215	132	75.1	52.7	40.9	32.7	28.1	24.2	21.6	19.5	17.8	16.5	15.4	14.5	13.8	13.1	12.5	12.0	11.5	11.0	10.7	9.7	9.4	9.1	9.1			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	15	31	62	93	124	154	185	216	247	278	309	340	371	402	432	463	494	525	556	587	618	772	927	1'081	1'235			
			heizen	g CO₂eq/a	45'612	27'972	15'876	11'088	8'568	6'804	5'796	4'964	4'385	3'906	3'528	3'226	2'974	2'747	2'570	2'394	2'243	2'117	1'991	1'865	1'764	1'436	1'235	1'058	932			
			gesamt	g CO₂eq/a	45'627	28'003	15'938	11'181	8'692	6'958	5'981	5'181	4'632	4'184	3'837	3'565	3'344	3'148	3'003	2'857	2'737	2'642	2'547	2'452	2'382	2'209	2'161	2'139	2'168			
Glaswolle (Isover)	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.03	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57	0.63	0.70	0.76	0.82	0.89	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5			
			heizen	kWh oil-eq/a	215	132	74.9	52.3	40.4	32.1	27.3	23.4	20.7	18.4	16.6	15.2	14.0	13.0	12.1	11.3	10.6	10.0	9.4	8.8	8.3	6.8	5.8	5.0	4.4			
			gesamt	kWh oil-eq/a	215	132	75.0	52.5	40.7	32.4	27.7	23.9	21.2	19.0	17.3	15.9	14.8	13.8	13.0	12.2	11.6	11.1	10.5	10.0	9.6	8.4	7.7	7.2	6.9			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	6	11	22	33	45	56	67	78	89	100	111	122	134	145	156	167	178	189	200	211	223	278	334	390	445			
			heizen	g CO₂eq/a	45'612	27'972	15'876	11'088	8'568	6'804	5'796	4'964	4'385	3'906	3'528	3'226	2'974	2'747	2'570	2'394	2'243	2'117	1'991	1'865	1'764	1'436	1'235	1'058	932			
			gesamt	g CO₂eq/a	45'618	27'983	15'898	11'121	8'613	6'860	5'863	5'042	4'474	4'006	3'639	3'348	3'107	2'891	2'726	2'561	2'421	2'306	2'191	2'076	1'987	1'715	1'569	1'448	1'378			
Schaumglas	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.18	0.35	0.71	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3	5.7	6.0	6.4	6.7	7.1	8.9	10.6	12.4	14.2			
			heizen	kWh oil-eq/a	234	146	84.4	58.3	45.2	36.9	30.9	26.6	23.8	21.4	19.5	17.8	16.2	14.9	13.9	13.0	12.0	11.3	10.7	10.1	9.5	7.7	6.4	5.5	4.9			
			gesamt	kWh oil-eq/a	234	147	85.1	59.3	46.6	38.6	33.0	29.1	26.6	24.6	23.0	21.7	20.4	19.5	18.9	18.3	17.7	17.3	17.1	16.8	16.6	16.6	17.1	17.9	19.1			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	39	78	156	234	312	390	468	546	624	702	780	858	936	1'014	1'092	1'170	1'248	1'326	1'404	1'482	1'560	1'950	2'340	2'730	3'120			
			heizen	g CO₂eq/a	49'644	30'996	17'892	12'348	9'576	7'812	6'552	5'645	5'040	4'536	4'133	3'780	3'427	3'150	2'948	2'747	2'545	2'394	2'268	2'142	2'016	1'638	1'361	1'159	1'033			
			gesamt	g CO₂eq/a	49'683	31'074	18'048	12'582	9'888	8'202	7'020	6'191	5'664	5'238	4'913	4'638	4'363	4'164	4'040	3'917	3'793	3'720	3'672	3'624	3'576	3'588	3'701	3'889	4'153			
Mineralfaserplatte (Multopor)	0.045	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.11	0.23	0.46	0.68	0.91	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3	4.6	5.7	6.8	8.0	9.1			
			heizen	kWh oil-eq/a	250	159	92.7	65.4	49.9	41.6	34.5	29.7	26.2	23.8	21.4	19.5	17.8	16.6	15.5	14.3	13.3	12.6	11.9	11.3	10.7	8.4	6.9	5.9	5.4			
			gesamt	kWh oil-eq/a	250	160	93.2	66.1	50.8	42.8	35.8	31.3	28.0	25.8	23.7	22.0	20.6	19.6	18.6	17.7	17.0	16.5	16.0	15.6	15.3	14.1	13.7	13.9	14.5			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	33	66	131	197	262	328	394	459	525	590	656	722	787	853	918	984	1'050	1'115	1'181	1'246	1'312	1'640	1'968	2'296	2'624			
			heizen	g CO₂eq/a	52'920	33'768	19'656	13'860	10'584	8'820	7'308	6'300	5'544	5'040	4'536	4'133	3'780	3'528	3'276	3'024	2'822	2'671	2'520	2'394	2'268	1'789	1'462	1'260	1'134			
			gesamt	g CO₂eq/a	52'953	33'834	19'787	14'057	10'846	9'148	7'702	6'759	6'069	5'630	5'192	4'854	4'567	4'381	4'194	4'008	3'872	3'786	3'701	3'640	3'580	3'429	3'430	3'556	3'758			

Material	λ-Wert	Umweltkennwert	für ...	Einheit	Dämmstärke cm																											
					1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80			
EPS Polystyrol expandiert	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.30	0.60	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.7	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	11.9	14.9	17.9	20.9	23.8			
			heizen	kWh oil-eq/a	215	132	74.9	52.3	40.4	32.1	27.3	23.4	20.7	18.4	16.6	15.2	14.0	13.0	12.1	11.3	10.6	10.0	9.4	8.8	8.3	6.8	5.8	5.0	4.4			
			gesamt	kWh oil-eq/a	215	133	76.1	54.1	42.8	35.1	30.9	27.6	25.5	23.8	22.6	21.8	21.2	20.7	20.5	20.2	20.1	20.1	20.1	20.1	20.2	21.7	23.7	25.9	28.2			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	76	153	306	458	611	764	917	1'070	1'222	1'375	1'528	1'681	1'834	1'986	2'139	2'292	2'445	2'598	2'750	2'903	3'056	3'820	4'584	5'348	6'112			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	45'612	27'972	15'876	11'088	8'568	6'804	5'796	4'964	4'385	3'906	3'528	3'226	2'974	2'747	2'570	2'394	2'243	2'117	1'991	1'865	1'764	1'436	1'235	1'058	932			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	45'688	28'125	16'182	11'546	9'179	7'568	6'713	6'034	5'607	5'281	5'056	4'906	4'807	4'733	4'710	4'686	4'688	4'714	4'741	4'768	4'820	5'256	5'819	6'406	7'044			
XPS Polystyrol extrudiert	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.34	0.68	1.4	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5	8.1	8.8	9.5	10.2	10.9	11.5	12.2	12.9	13.6	17.0	20.4	23.8	27.2			
			heizen	kWh oil-eq/a	215	132	74.9	52.3	40.4	32.1	27.3	23.4	20.7	18.4	16.6	15.2	14.0	13.0	12.1	11.3	10.6	10.0	9.4	8.8	8.3	6.8	5.8	5.0	4.4			
			gesamt	kWh oil-eq/a	216	133	76.3	54.3	43.1	35.5	31.4	28.2	26.1	24.5	23.4	22.2	21.8	21.6	21.5	21.4	21.5	21.6	21.7	21.9	23.8	26.2	28.8	31.6				
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	169	338	677	1'015	1'353	1'692	2'030	2'368	2'707	3'045	3'383	3'722	4'060	4'398	4'737	5'075	5'413	5'752	6'090	6'428	6'767	8'458	10'150	11'842	13'533			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	45'612	27'972	15'876	11'088	8'568	6'804	5'796	4'964	4'385	3'906	3'528	3'226	2'974	2'747	2'570	2'394	2'243	2'117	1'991	1'865	1'764	1'436	1'235	1'058	932			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	45'781	28'310	16'553	12'103	9'921	8'496	7'826	7'333	7'091	6'951	6'911	6'947	7'034	7'145	7'307	7'469	7'656	7'868	8'081	8'293	8'531	9'895	11'385	12'900	14'466			
Zellulose (Schüttung)	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.02	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.45	0.48	0.52	0.55	0.58	0.62	0.65	0.69	0.86	1.0	1.2	1.4			
			heizen	kWh oil-eq/a	234	146	84.4	58.3	45.2	36.9	30.9	26.6	23.8	21.4	19.5	17.8	16.2	14.9	13.9	13.0	12.0	11.3	10.7	10.1	9.5	7.7	6.4	5.5	4.9			
			gesamt	kWh oil-eq/a	234	146	84.5	58.4	45.3	37.0	31.1	26.9	24.1	21.7	19.8	18.2	16.6	15.3	14.4	13.5	12.6	11.9	11.3	10.8	10.2	8.6	7.5	6.7	6.2			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	4	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86	94	103	111	120	129	137	146	154	163	171	214	257	300	343			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	49'644	30'996	17'892	12'348	9'576	7'812	6'552	5'645	5'040	4'536	4'133	3'780	3'427	3'150	2'948	2'747	2'545	2'394	2'268	2'142	2'016	1'638	1'361	1'159	1'033			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	49'648	31'005	17'909	12'374	9'610	7'855	6'603	5'705	5'109	4'613	4'218	3'874	3'530	3'261	3'068	2'875	2'682	2'540	2'422	2'305	2'187	1'852	1'618	1'459	1'376			
Holzfaserdämmplatte (Pavatex)	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.12	0.24	0.48	0.72	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3	4.6	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6			
			heizen	kWh oil-eq/a	234	146	84.4	58.3	45.2	36.9	30.9	26.6	23.8	21.4	19.5	17.8	16.2	14.9	13.9	13.0	12.0	11.3	10.7	10.1	9.5	7.7	6.4	5.5	4.9			
			gesamt	kWh oil-eq/a	234	146	84.9	59.0	46.1	38.1	32.4	28.3	25.7	23.6	21.9	20.5	19.1	18.0	17.3	16.6	15.9	15.4	15.0	14.7	14.3	13.7	13.6	13.9	14.5			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	17	34	68	102	136	171	205	239	273	307	341	375	409	444	478	512	546	580	614	648	682	853	1'024	1'194	1'365			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	49'644	30'996	17'892	12'348	9'576	7'812	6'552	5'645	5'040	4'536	4'133	3'780	3'427	3'150	2'948	2'747	2'545	2'394	2'268	2'142	2'016	1'638	1'361	1'159	1'033			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	49'661	31'030	17'960	12'450	9'712	7'983	6'757	5'884	5'313	4'843	4'474	4'155	3'837	3'594	3'426	3'259	3'091	2'974	2'882	2'790	2'698	2'491	2'384	2'353	2'398			
Stroh (BauStroh) Hinweis: Wird nicht in Stärken <35 cm verarbeitet.	0.049	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.44	0.52	0.61	0.70			
			heizen	kWh oil-eq/a	263	170	99.9	70.1	54.7	44.0	38.0	32.1	28.5	25.0	22.6	20.8	19.3	17.8	16.6	15.5	14.5	13.7	12.8	12.2	11.7	9.5	8.1	6.9	6.1			
			gesamt	kWh oil-eq/a	263	170	99.9	70.2	54.8	44.1	38.1	32.2	28.7	25.1	22.8	21.0	19.5	18.1	16.9	15.7	14.8	14.0	13.2	12.6	12.0	9.9	8.6	7.5	6.8			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	3	7	14	21	28	35	41	48	55	62	69	76	83	90	97	104	110	117	124	131	138	173	207	242	276			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	55'692	36'036	21'168	14'868	11'592	9'324	8'064	6'804	6'048	5'292	4'788	4'410	4'082	3'780	3'528	3'276	3'074	2'898	2'722	2'596	2'470	2'016	1'714	1'462	1'285			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	55'695	36'043	21'182	14'889	11'620	9'358	8'105	6'852	6'103	5'354	4'857	4'486	4'165	3'870	3'625	3'379	3'185	3'015	2'846	2'727	2'608	2'188	1'921	1'703	1'561			
Dämmbackstein (Porotherm T7) Hinweise: Nur in bestimmten Stärken erhältlich. Übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar.	0.070	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.26	0.52	1.04	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.9	10.4	13.0	15.6	18.2	20.8			
			heizen	kWh oil-eq/a	314	215	132.0	95.1	74.9	61.8	52.3	45.2	40.4	35.7	32.1	29.7	27.3	25.3	23.5	22.0	20.7	19.5	18.4	17.5	16.6	13.1	10.7	9.3	8.3			
			gesamt	kWh oil-eq/a	314	216	133.0	96.7	77.0	64.4	55.4	48.8	44.6	40.3	37.3	35.4	33.6	32.1	30.8	29.8	29.0	28.3	27.8	27.3	27.0	26.1	26.3	27.4	29.1			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	72	144	289	433	578	722	867	1'011	1'155	1'300	1'444	1'589	1'733	1'878	2'022	2'166	2'311	2'455	2'600	2'744	2'889	3'611	4'333	5'055	5'777			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	66'528	45'612	27'972	20'160	15'876	13'104	11'088	9'576	8'568	7'560	6'804	6'300	5'796	5'368	4'990	4'662	4'385	4'133	3'906	3'704	3'528	2'772	2'268	1'966	1'764			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	66'600	45'756	28'261	20'593	16'454	13'826	11'955	10'587	9'723	8'860	8'248	7'889	7'529	7'245	7'012	6'828	6'696	6'588	6'506	6'449	6'417	6'383	6'601	7'021	7'541			
Porenbeton (Ytong ThermUltra) Hinweise: Nur in bestimmten Stärken erhältlich. Übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar.	0.070	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5	3.7	4.6	5.6	6.5	7.4			
			heizen	kWh oil-eq/a	333	234	146.2	107.0	84.4	69.0	58.3	51.1	45.2	40.4	36.9	33.3	30.3	27.9	26.2	24.7	23.4	22.2	21.0	20.0	19.0	15.5	12.7	10.7	9.5			
			gesamt	kWh oil-eq/a	333	234	146.6	107.6	85.2	69.9	59.4	52.4	46.7	42.1	38.7	35.3	32.5	30.3	28.7	27.5	26.4	25.4	24.4	23.5	22.7	20.1	18.3	17.2	16.9			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	42	83	167	250	334	417	500	584	667	751	834	917	1'001	1'084	1'168	1'251	1'334	1'418	1'501	1'585	1'668	2'085	2'502	2'919	3'336			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	70'560	49'644	30'996</																									

Blatt 4b: Optimale Dämmstärken, Heizung Wärmepumpe / Erdsonden

Dickere Dämmschichten führen zu geringeren Heizwärmeverlusten, also zu weniger Betriebsenergie. Zugleich nimmt die Graue Energie für die Dämmstoffherstellung zu.
Ab einer bestimmten Dämmstärke übersteigt der zusätzliche Einsatz an Grauer Energie die dadurch eingesparte Betriebsenergie.
Da hier der Primärenergieverbrauch (n.e.) betrachtet wird, haben das gewählte Heizsystem bzw. dessen Endenergieträger einen Einfluss auf diesen Optimalwert, vgl. Blatt 4a.
Es handelt sich um eine überschlägige Betrachtung; in der Praxis wird die Dämmstärke von weiteren bauphysikalischen, konstruktiven und wirtschaftlichen Faktoren beeinflusst.

Heizungsanlage, Kennwerte für die Berechnung				
Typ	Effizienz	Bezugsgrösse / Endenergieträger	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen
			kWh oil-eq	g CO2-eq
Wärmepumpe mit Erdsonden	4.0 (Arbeitszahl)	1 kWh Strom CH-Verbrauchermix (2018)	2.08	128

Lebensdauer, Annahme für die Berechnung	
für alle Dämmstoffe	30 Jahre

Gesucht: kleinster Gesamtwert für Primärenergie (orange), Treibhausgase (gelb)																													
Material	λ-Wert	Umweltkennwert	für ...	Einheit	Dämmstärke cm																								
					1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80
WLG 035	0.035	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	181.0	111.0	63.0	44.0	34.0	27.0	23.0	19.7	17.4	15.5	14.0	12.8	11.8	10.9	10.2	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	5.7	4.9	4.2	3.7
WLG 040	0.040	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	197.0	123.0	71.0	49.0	38.0	31.0	26.0	22.4	20.0	18.0	16.4	15.0	13.6	12.5	11.7	10.9	10.1	9.5	9.0	8.5	8.0	6.5	5.4	4.6	4.1
WLG 045	0.045	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	210.0	134.0	78.0	55.0	42.0	35.0	29.0	25.0	22.0	20.0	18.0	16.4	15.0	14.0	13.0	12.0	11.2	10.6	10.0	9.5	9.0	7.1	5.8	5.0	4.5
WLG 049	0.049	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	221.0	143.0	84.0	59.0	46.0	37.0	32.0	27.0	24.0	21.0	19.0	17.5	16.2	15.0	14.0	13.0	12.2	11.5	10.8	10.3	9.8	8.0	6.8	5.8	5.1
WLG 070	0.070	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	264.0	181.0	111.0	80.0	63.0	52.0	44.0	38.0	34.0	30.0	27.0	25.0	23.0	21.3	19.8	18.5	17.4	16.4	15.5	14.7	14.0	11.0	9.0	7.8	7.0
WLG 080	0.080	Wärmeverlust pro Heizperiode	heizen	kWh/m²a	280.0	197.0	123.0	90.0	71.0	58.0	49.0	43.0	38.0	34.0	31.0	28.0	25.5	23.5	22.0	20.8	19.7	18.7	17.7	16.8	16.0	13.0	10.7	9.0	8.0
Steinwolle (Rockwool Klemmrock)	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.06	0.12	0.24	0.36	0.47	0.59	0.71	0.83	0.95	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	3.0	3.6	4.1	4.7
			heizen	kWh oil-eq/a	94	58	32.8	22.9	17.7	14.0	12.0	10.2	9.0	8.1	7.3	6.7	6.1	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.0	2.5	2.2	1.9
			gesamt	kWh oil-eq/a	94	58	33.0	23.2	18.2	14.6	12.7	11.1	10.0	9.1	8.5	8.0	7.6	7.2	7.0	6.7	6.5	6.4	6.2	6.1	6.0	5.9	6.1	6.3	6.7
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	15	31	62	93	124	154	185	216	247	278	309	340	371	402	432	463	494	525	556	587	618	772	927	1'081	1'235
			heizen	g CO₂eq/a	5'792	3'552	2'016	1'408	1'088	864	736	630	557	496	448	410	378	349	326	304	285	269	253	237	224	182	157	134	118
			gesamt	g CO₂eq/a	5'807	3'583	2'078	1'501	1'212	1'018	921	847	804	774	757	749	748	750	759	767	779	794	809	824	842	955	1'083	1'215	1'354
Glaswolle (Isover)	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.03	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57	0.63	0.70	0.76	0.82	0.89	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
			heizen	kWh oil-eq/a	94	58	32.8	22.9	17.7	14.0	12.0	10.2	9.0	8.1	7.3	6.7	6.1	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.0	2.5	2.2	1.9
			gesamt	kWh oil-eq/a	94	58	32.9	23.1	17.9	14.4	12.3	10.7	9.6	8.6	7.9	7.4	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.4	5.2	5.1	4.9	4.5	4.5	4.4	4.5
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	6	11	22	33	45	56	67	78	89	100	111	122	134	145	156	167	178	189	200	211	223	278	334	390	445
			heizen	g CO₂eq/a	5'792	3'552	2'016	1'408	1'088	864	736	630	557	496	448	410	378	349	326	304	285	269	253	237	224	182	157	134	118
			gesamt	g CO₂eq/a	5'798	3'563	2'038	1'441	1'133	920	803	708	646	596	559	532	511	493	482	471	463	458	453	448	447	461	491	524	564
Schaumglas	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.18	0.35	0.71	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3	5.7	6.0	6.4	6.7	7.1	8.9	10.6	12.4	14.2
			heizen	kWh oil-eq/a	102	64	36.9	25.5	19.8	16.1	13.5	11.6	10.4	9.4	8.5	7.8	7.1	6.5	6.1	5.7	5.3	4.9	4.7	4.4	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1
			gesamt	kWh oil-eq/a	103	64	37.6	26.5	21.2	17.9	15.6	14.1	13.2	12.6	12.1	11.7	11.3	11.1	11.0	11.0	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	12.2	13.4	14.8	16.3
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	39	78	156	234	312	390	468	546	624	702	780	858	936	1'014	1'092	1'170	1'248	1'326	1'404	1'482	1'560	1'950	2'340	2'730	3'120
			heizen	g CO₂eq/a	6'304	3'936	2'272	1'568	1'216	992	832	717	640	576	525	480	435	400	374	349	323	304	288	272	256	208	173	147	131
			gesamt	g CO₂eq/a	6'343	4'014	2'428	1'802	1'528	1'382	1'300	1'263	1'284	1'278	1'305	1'338	1'371	1'414	1'466	1'519	1'571	1'630	1'692	1'754	1'816	2'158	2'513	2'877	3'251
Minerale Dämmplatte (Multipor)	0.045	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.11	0.23	0.46	0.68	0.91	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3	4.6	5.7	6.8	8.0	9.1
			heizen	kWh oil-eq/a	109	70	40.6	28.6	21.8	18.2	15.1	13.0	11.4	10.4	9.4	8.5	7.8	7.3	6.8	6.2	5.8	5.5	5.2	4.9	4.7	3.7	3.0	2.6	2.3
			gesamt	kWh oil-eq/a	109	70	41.0	29.3	22.8	19.3	16.4	14.6	13.3	12.5	11.6	11.0	10.5	10.2	9.9	9.7	9.5	9.4	9.3	9.3	9.2	9.4	9.8	10.6	11.5
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO₂eq/a	33	66	131	197	262	328	394	459	525	590	656	722	787	853	918	984	1'050	1'115	1'181	1'246	1'312	1'640	1'968	2'296	2'624
			heizen	g CO₂eq/a	6'720	4'288	2'496	1'760	1'344	1'120	928	800	704	640	576	525	480	448	416	384	358	339	320	304	288	227	186	160	144
			gesamt	g CO₂eq/a	6'753	4'354	2'627	1'957	1'606	1'448	1'322	1'259	1'229	1'230	1'232	1'246	1'267	1'301	1'334	1'368	1'408	1'454	1'501	1'550	1'600	1'867	2'154	2'456	2'768

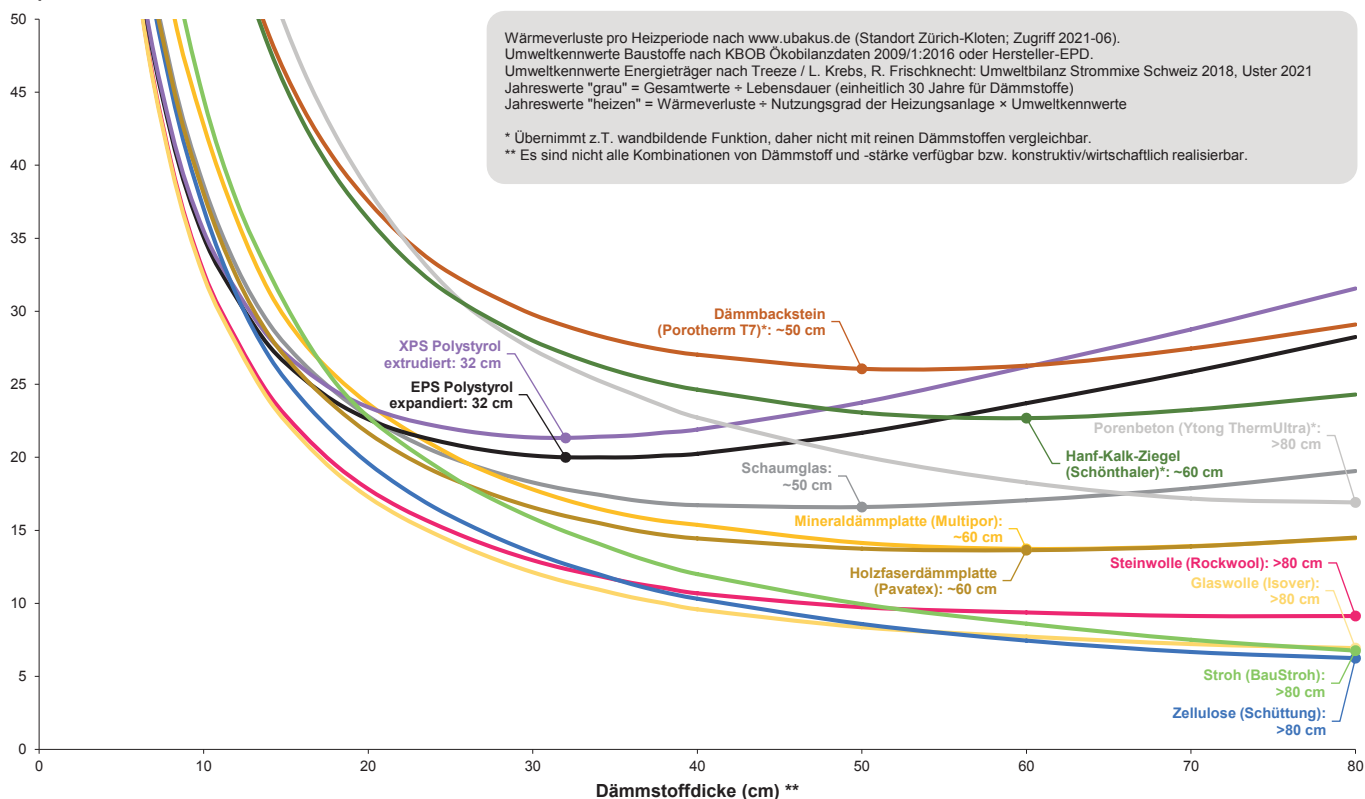
Material	λ-Wert	Umweltkennwert	für ...	Einheit	Dämmstärke cm																											
					1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80			
EPS Polystyrol expandiert	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.30	0.60	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.7	8.3	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	11.9	14.9	17.9	20.9	23.8			
			heizen	kWh oil-eq/a	94	58	32.8	22.9	17.7	14.0	12.0	10.2	9.0	8.1	7.3	6.7	6.1	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.0	2.5	2.2	1.9			
			gesamt	kWh oil-eq/a	94	58	34.0	24.7	20.1	17.0	15.5	14.4	13.8	13.4	13.2	13.2	13.3	13.4	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8	15.2	15.6	17.9	20.4	23.0	25.8			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	76	153	306	458	611	764	917	1'070	1'222	1'375	1'528	1'681	1'834	1'986	2'139	2'292	2'445	2'598	2'750	2'903	3'056	3'820	4'584	5'348	6'112			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	5'792	3'552	2'016	1'408	1'088	864	736	630	557	496	448	410	378	349	326	304	285	269	253	237	224	182	157	134	118			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	5'868	3'705	2'322	1'866	1'699	1'628	1'653	1'700	1'779	1'871	1'976	2'090	2'211	2'335	2'466	2'596	2'730	2'866	3'003	3'140	3'280	4'002	4'741	5'482	6'230			
XPS Polystyrol extrudiert	0.035	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.34	0.68	1.4	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5	8.1	8.8	9.5	10.2	10.9	11.5	12.2	12.9	13.6	17.0	20.4	23.8	27.2			
			heizen	kWh oil-eq/a	94	58	32.8	22.9	17.7	14.0	12.0	10.2	9.0	8.1	7.3	6.7	6.1	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.0	2.5	2.2	1.9			
			gesamt	kWh oil-eq/a	94	58	34.1	24.9	20.4	17.4	16.0	15.0	14.5	14.2	14.1	14.1	14.3	14.5	14.8	15.1	15.5	15.9	16.3	16.7	17.2	19.9	22.9	25.9	29.1			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	169	338	677	1'015	1'353	1'692	2'030	2'368	2'707	3'045	3'383	3'722	4'060	4'398	4'737	5'075	5'413	5'752	6'090	6'428	6'767	8'458	10'150	11'842	13'533			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	5'792	3'552	2'016	1'408	1'088	864	736	630	557	496	448	410	378	349	326	304	285	269	253	237	224	182	157	134	118			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	5'961	3'890	2'693	2'423	2'441	2'556	2'766	2'999	3'263	3'541	3'831	4'131	4'438	4'747	5'063	5'379	5'698	6'020	6'343	6'665	6'991	8'641	10'307	11'976	13'652			
Zellulose (Schüttung)	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.02	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.45	0.48	0.52	0.55	0.58	0.62	0.65	0.69	0.86	1.0	1.2	1.4			
			heizen	kWh oil-eq/a	102	64	36.9	25.5	19.8	16.1	13.5	11.6	10.4	9.4	8.5	7.8	7.1	6.5	6.1	5.7	5.3	4.9	4.7	4.4	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1			
			gesamt	kWh oil-eq/a	102	64	37.0	25.6	19.9	16.3	13.7	11.9	10.7	9.7	8.9	8.2	7.5	6.9	6.6	6.2	5.8	5.5	5.3	5.1	4.8	4.2	3.8	3.6	3.5			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	4	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86	94	103	111	120	129	137	146	154	163	171	214	257	300	343			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	6'304	3'936	2'272	1'568	1'216	992	832	717	640	576	525	480	435	400	374	349	323	304	288	272	256	208	173	147	131			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	6'308	3'945	2'289	1'594	1'250	1'035	883	777	709	653	610	574	538	511	494	477	460	450	442	435	427	422	430	447	474			
Holzfaserdämmplatte (Pavatex)	0.040	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.12	0.24	0.48	0.72	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3	4.6	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6			
			heizen	kWh oil-eq/a	102	64	36.9	25.5	19.8	16.1	13.5	11.6	10.4	9.4	8.5	7.8	7.1	6.5	6.1	5.7	5.3	4.9	4.7	4.4	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1			
			gesamt	kWh oil-eq/a	103	64	37.4	26.2	20.7	17.3	15.0	13.3	12.3	11.5	10.9	10.4	10.0	9.6	9.5	9.3	9.1	9.0	9.0	9.0	9.0	9.4	10.0	10.8	11.8			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	17	34	68	102	136	171	205	239	273	307	341	375	409	444	478	512	546	580	614	648	682	853	1'024	1'194	1'365			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	6'304	3'936	2'272	1'568	1'216	992	832	717	640	576	525	480	435	400	374	349	323	304	288	272	256	208	173	147	131			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	6'321	3'970	2'340	1'670	1'352	1'163	1'037	956	913	883	866	855	845	844	852	861	869	884	902	920	938	1'061	1'196	1'341	1'496			
Stroh (BauStroh) Hinweis: wird nicht in Stärken <35 cm verarbeitet.	0.049	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.44	0.52	0.61	0.70			
			heizen	kWh oil-eq/a	115	74	43.7	30.7	23.9	19.2	16.6	14.0	12.5	10.9	9.9	9.1	8.4	7.8	7.3	6.8	6.3	6.0	5.6	5.4	5.1	4.2	3.5	3.0	2.7			
			gesamt	kWh oil-eq/a	115	74	43.7	30.7	24.0	19.3	16.7	14.2	12.6	11.1	10.1	9.3	8.6	8.0	7.5	7.0	6.6	6.3	5.9	5.7	5.4	4.6	4.1	3.6	3.4			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	3	7	14	21	28	35	41	48	55	62	69	76	83	90	97	104	110	117	124	131	138	173	207	242	276			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	7'072	4'576	2'688	1'888	1'472	1'184	1'024	864	768	672	608	560	518	480	448	416	390	368	346	330	314	256	218	186	163			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	7'075	4'583	2'702	1'909	1'500	1'219	1'065	912	823	734	677	636	601	570	545	520	501	485	470	461	452	429	425	427	439			
Dämmbackstein (Porotherm T7) Hinweise: Nur in bestimmten Stärken erhältlich. Übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar.	0.070	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.26	0.52	1.04	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	9.3	9.9	10.4	13.0	15.6	18.2	20.8			
			heizen	kWh oil-eq/a	137	94	57.7	41.6	32.8	27.0	22.9	19.8	17.7	15.6	14.0	13.0	12.0	11.1	10.3	9.6	9.0	8.5	8.1	7.6	7.3	5.7	4.7	4.1	3.6			
			gesamt	kWh oil-eq/a	138	95	58.8	43.2	34.8	29.6	26.0	23.4	21.8	20.3	19.2	18.7	18.2	17.8	17.6	17.4	17.4	17.4	17.5	17.7	18.7	20.3	22.2	24.4				
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	72	144	289	433	578	722	867	1'011	1'155	1'300	1'444	1'589	1'733	1'878	2'022	2'166	2'311	2'455	2'600	2'744	2'889	3'611	4'333	5'055	5'777			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	8'448	5'792	3'552	2'560	2'016	1'664	1'408	1'216	1'088	960	864	800	736	682	634	592	557	525	496	470	448	352	288	250	224			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	8'520	5'936	3'841	2'993	2'594	2'386	2'275	2'227	2'243	2'260	2'308	2'389	2'469	2'559	2'656	2'758	2'868	2'980	3'096	3'215	3'337	3'963	4'621	5'305	6'001			
Porenbeton (Ytong ThermUltra) Hinweise: Nur in bestimmten Stärken erhältlich. Übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar.	0.070	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5	3.7	4.6	5.6	6.5	7.4			
			heizen	kWh oil-eq/a	146	102	64.0	46.8	36.9	30.2	25.5	22.4	19.8	17.7	16.1	14.6	13.3	12.2	11.4	10.8	10.2	9.7	9.2	8.7	8.3	6.8	5.6	4.7	4.2			
			gesamt	kWh oil-eq/a	146	103	64.3	47.4	37.7	31.1	26.6	23.7	21.2	19.3	18.0	16.6	15.5	14.6	14.0	13.6	13.2	12.9	12.5	12.3	12.0	11.4	11.1	11.2	11.6			
		Treibhausgasemissionen	grau	g CO ₂ -eq/a	42	83	167	250	334	417	500	584	667	751	834	917	1'001	1'084	1'168	1'251	1'334	1'418	1'501	1'585	1'668	2'085	2'502	2'919	3'336			
			heizen	g CO ₂ -eq/a	8'960	6'304	3'936	2'880	2'272	1'856	1'568	1'376	1'216	1'088	992	896	816	752	704	666	630	598	566	538	512	416	342	288	256			
			gesamt	g CO ₂ -eq/a	9'002	6'387	4'103	3'130	2'606	2'273	2'068	1'960	1'883	1'839	1'826	1'813	1'817	1'836	1'872	1'917	1'965	2'016	2'068	2'122	2'180	2'501	2'844	3'207	3'592			
Hanf-Kalk-Ziegel (Schönthaler) Hinweise: Nur in bestimmten Stärken erhältlich. Übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar.	0.070	Primärenergie nicht erneuerbar	grau	kWh oil-eq/a																												

Optimale Dämmstärken bezogen auf Primärenergieverbrauch (nicht erneuerbar)

Heizung: Erdgas

PENRT (kWh oil-eq)
graue Energie + Heizbetrieb
pro Jahr u. m² BTF

Nutzungsgrad 0,9
1,07 kWh oil-eq/kWh

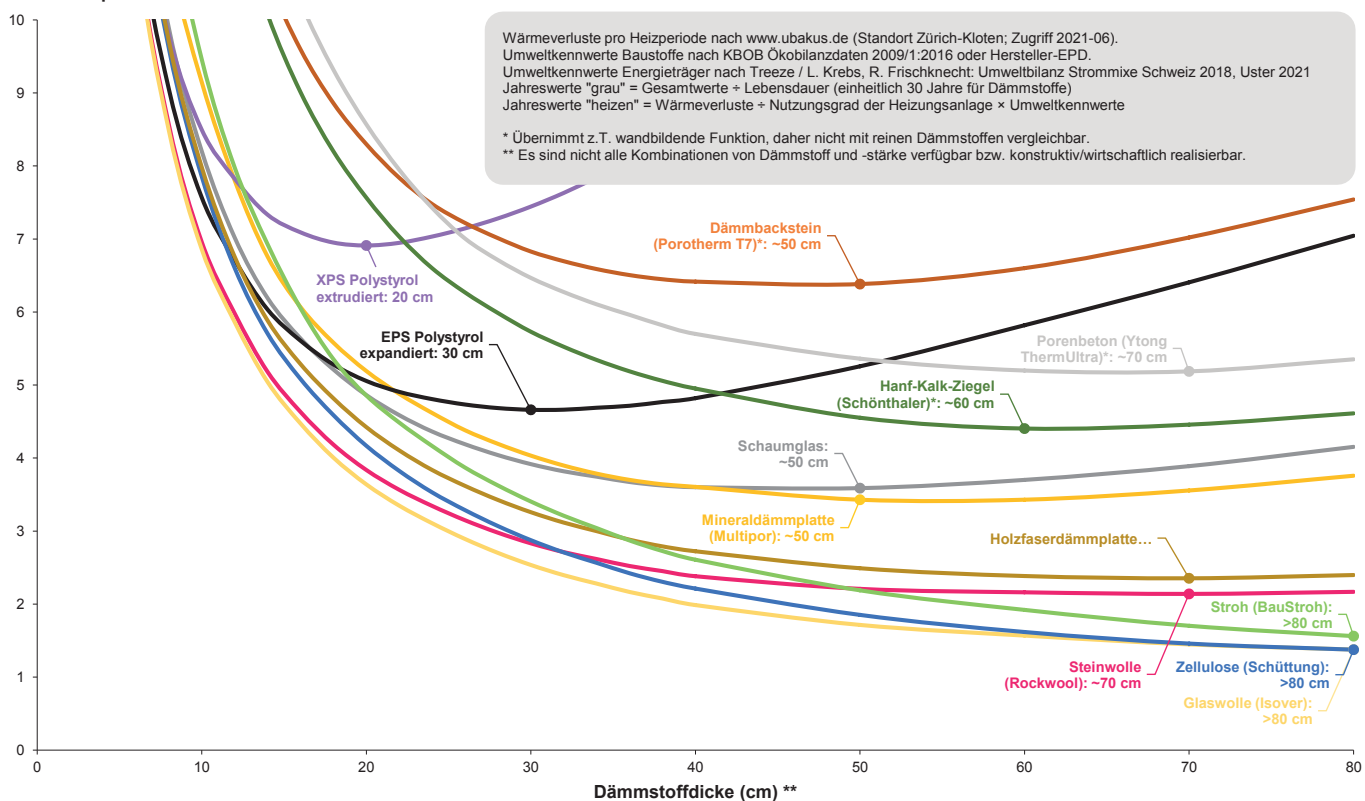


Optimale Dämmstärken bezogen auf Treibhausgasemissionen

Heizung: Erdgas

THG (kg CO₂-eq)
graue Emissionen + Heiz-
betrieb pro Jahr u. m² BTF

Nutzungsgrad 0,9
227 g CO₂-eq/kWh

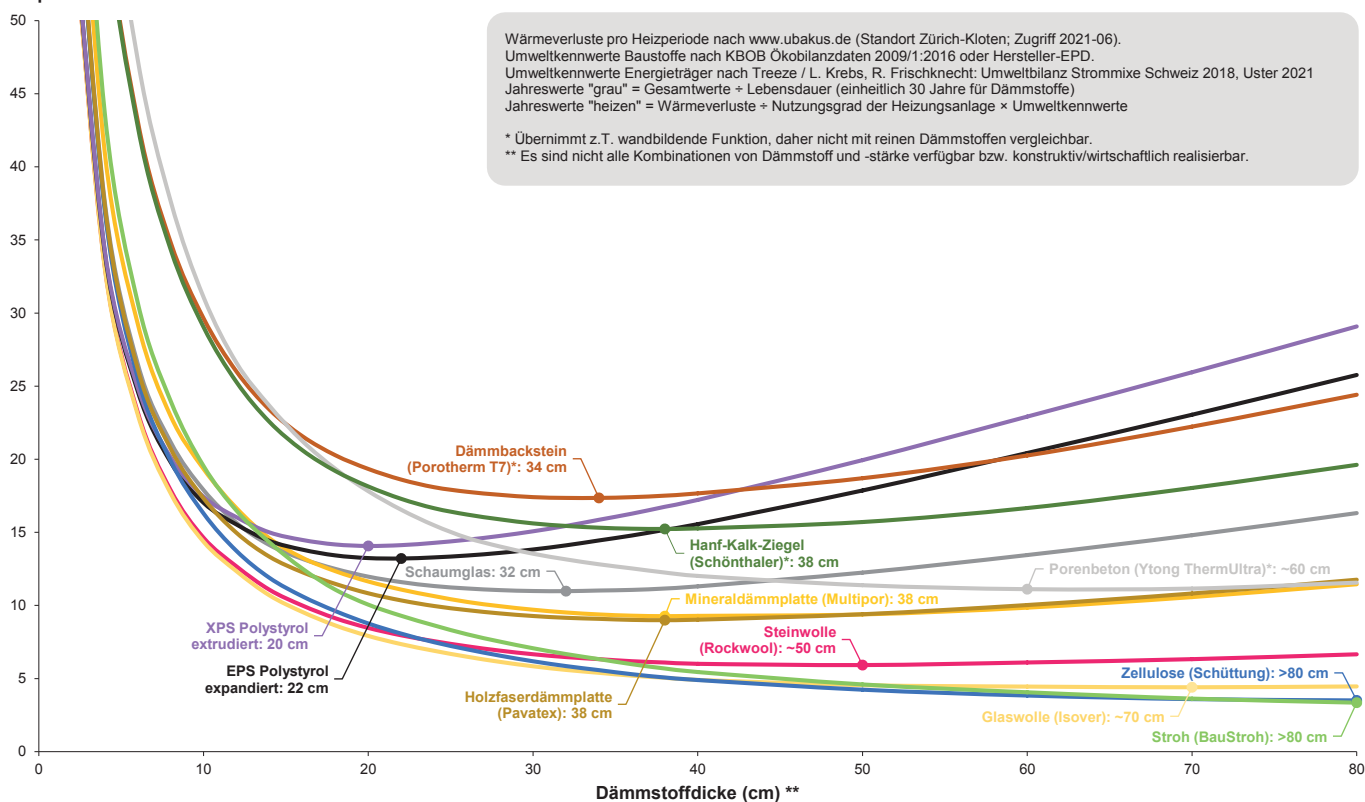


Optimale Dämmstärken bezogen auf Primärenergieverbrauch (nicht erneuerbar)

Heizung: Wärmepumpe

PENRT (kWh oil-eq)
graue Energie + Heizbetrieb
pro Jahr u. m² BTF

Arbeitszahl 4
2,08 kWh oil-eq/kWh

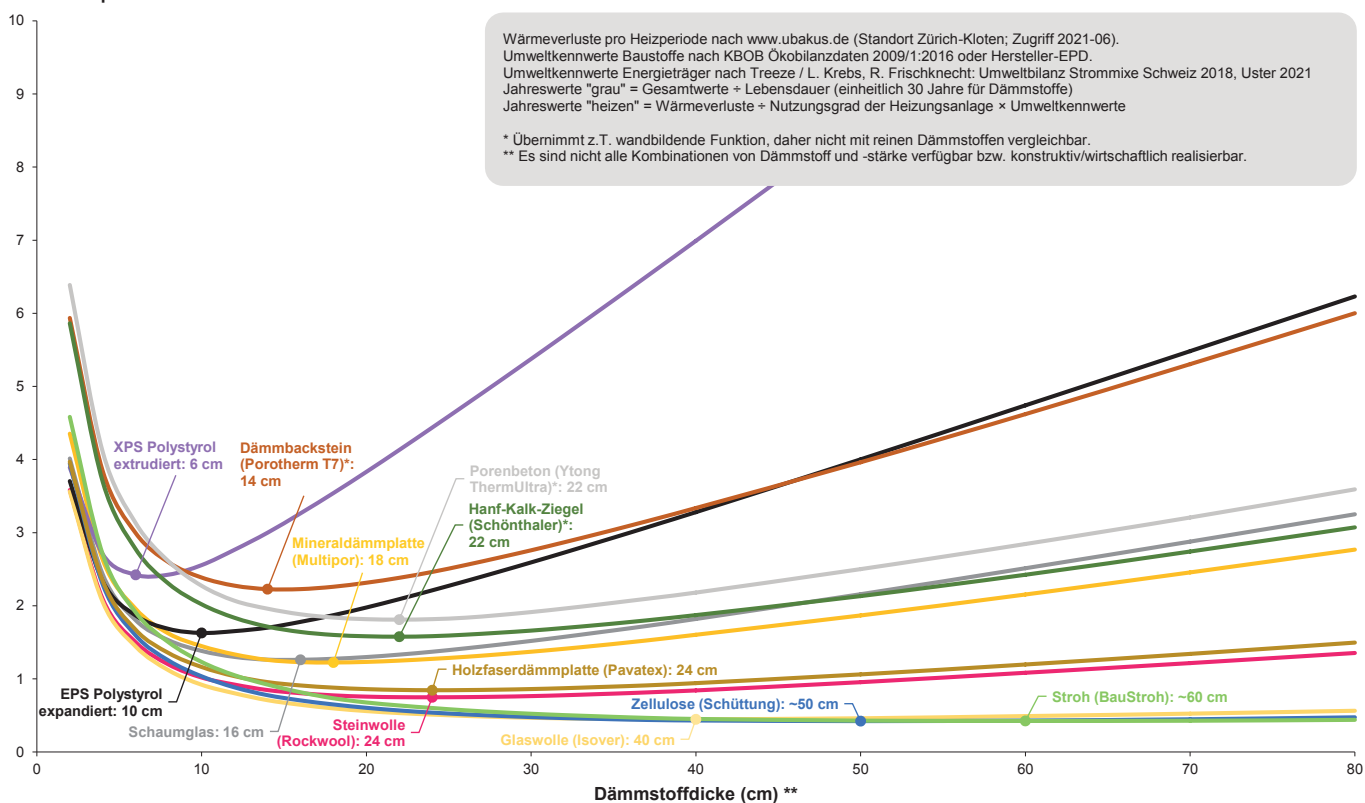


Optimale Dämmstärken bezogen auf Treibhausgasemissionen

Heizung: Wärmepumpe

THG (kg CO₂-eq)
graue Emissionen + Heiz-
betrieb pro Jahr u. m² BTF

Arbeitszahl 4
128 g CO₂-eq/kWh





Charles-Édouard Jeanneret on the Acropolis, near a collapsed column at the Parthenon, September 1911
Foto: August Klipstein ©FLC/ADAGP

Blatt 5: Überschlägige Ökobilanzen von Stützen

Die Tabellen zeigen überschlägige Ökobilanzen von Hochbau-Stützen in gängigen Dimensionen.

Die unter Var. 1 bzw. Var. 2 zusammengefassten Konstruktionstypen haben jeweils gleiche statische Eigenschaften (kalt bemessen).

Vereinfachend wurden dieselben Umweltkennwerte für alle Profilstahlsorten angesetzt. Nicht enthalten sind Befestigung und Bekleidung/Beschichtung.

Stützen h = 3 m, Var. 1

Typ / Dimensionen	Komponenten / Material	Gewicht	Lebensdauer	gesamt pro Stück		pro Jahr und Stück	
				Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
		kg	a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Beton 20 x 20 cm	Beton C30/37	276.0	60	55	27	0.9	0.5
	Längsbewehrung B500B 4 x ø 20	41.5	60	147	28	2.5	0.5
	Bügel B500B	6.0	60	21	4	0.4	0.1
	Summe	323.5	–	224	60	3.7	1.0
Stahl H-Profil HEA 200	Stahl S235	129	60	446	95	7.4	1.6
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	14.7	60	51	11	0.8	0.2
	Summe	143.7	–	497	105	8.3	1.8
Stahl H-Profil HEA 180	Stahl S355	109.2	60	378	80	6.3	1.3
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	12.5	60	43	9	0.7	0.2
	Summe	121.7	–	421	89	7.0	1.5
Stahl R-Profil RRW 120 x 120 x 8	Stahl S355	82.8	60	286	61	4.8	1.0
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	9.4	60	33	7	0.5	0.1
	Summe	92.2	–	319	68	5.3	1.1
Holz rund ø 32 cm	Konstruktions-Vollholz C24	112.2	60	91	16	1.5	0.3
Holz rechteckig 20 x 36 cm	Brettschichtholz GL24h	101.5	60	249	49	4.1	0.8

Stützen h = 3 m, Var. 2

Typ / Dimensionen	Komponenten / Material	Gewicht	Lebensdauer	gesamt pro Stück		pro Jahr und Stück	
				Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
		kg	a	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kWh oil-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Beton 20 x 20 cm	Beton C30/37	276.0	60	55	27	0.9	0.5
	Längsbewehrung B500B 4 x ø 16	25.3	60	90	17	1.5	0.3
	Bügel B500B	6.0	60	21	4	0.4	0.1
	Summe	307.3	–	167	49	2.8	0.8
Stahl H-Profil HEA 180	Stahl S235	109.2	60	378	80	6.3	1.3
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	10.0	60	34	7	0.6	0.1
	Summe	119.2	–	412	87	6.9	1.5
Stahl H-Profil HEA 160	Stahl S355	93.6	60	324	69	5.4	1.1
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	8.3	60	29	6	0.5	0.1
	Summe	101.9	–	353	75	5.9	1.2
Stahl R-Profil RRW 120 x 120 x 6,3	Stahl S355	66.6	60	230	49	3.8	0.8
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	7.5	60	26	6	0.4	0.1
	Summe	74.1	–	257	54	4.3	0.9
Holz rund ø 30 cm	Konstruktions-Vollholz C24	98.6	60	80	14	1.3	0.2
Holz rechteckig 24 x 30 cm	Konstruktions-Vollholz C24	100.4	60	82	14	1.4	0.2
Holz rechteckig 16 x 44 cm	Brettschichtholz GL24h	99.3	60	243	48	4.1	0.8

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle

Spalte Gewicht [kg]: Bauteilvolumen × Rohdichte aus Datenquelle

Spalte Lebensdauer [a]: Begründbare Annahme treffen. Siehe auch Bauteiltabellen zu SIA 2032 Anhang D, Spalte "Amortisation"

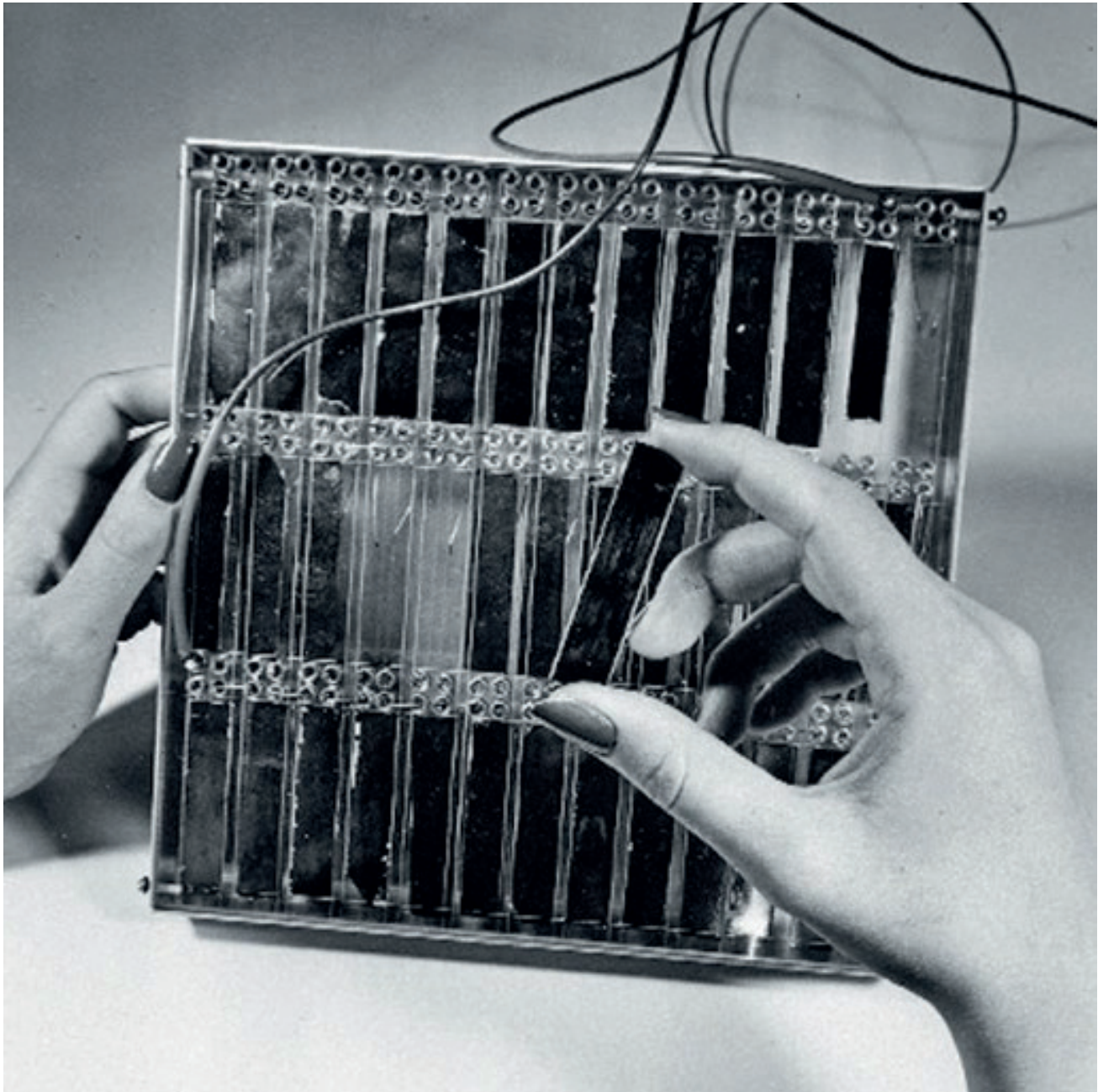
Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen gesamt: Gewicht × Kennwerte aus Datenquelle

Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen pro Jahr: Gesamtwerte geteilt durch Lebensdauer

Datenquellen

Stützendimensionen und -konstruktionen zur Verfügung gestellt von C. Aerni, Aerni + Aerni Ingenieure AG, Zürich (Juni 2021)

«Graue Energie» bzw. «Graue Emissionen» nach KBOB Ökobilanzdaten (Tabellen 2009/1:2016)



Erstes „Photovoltaikmodul“ (1883, Charles Fritts, 1% Wirkungsgrad), Bildquelle: <https://www.photovoltaik4all.de>

DATENSAMMLUNG PHOTOVOLTAIK

Blatt 1: Umweltkennwerte

Vergleichsgrösse / «Benchmark» (CH Strommix)

Energieträger	Gesamtumweltbelastung	Primärenergie nicht erneuerbar	Treibhausgasemissionen
	UBP	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
1 kWh Endernergie Strom aus CH-Verbrauchermix (2018)	324	2.08	0.128

Zur Beurteilung des PV-Stroms hinsichtlich Umweltauswirkungen wird er mit diesem Energieträger als «Benchmark» verglichen, siehe Blatt 3.
Daten: Treeze / L. Krebs, R. Frischknecht, Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018, Uster 2021

Eigenschaften verschiedener Zelltypen

Zelltyp	Typischer Modulwirkungsgrad		Flächenbedarf	Lebensdauer
	%	kW _p /m ²	m ² /kW _p	a
Silizium, monokristallin	19.5	0.195	5.13	30
Silizium, polykristallin	18.0	0.180	5.56	30
Dünnschicht CdTe	18.0	0.180	5.56	25
Dünnschicht CIS	16.0	0.160	6.25	25

Der Modulwirkungsgrad gibt an, wie viel Strom das PV-Modul im Verhältnis zur Sonneneinstrahlung abgibt (unter Standardbedingungen).
Beispiel: Wirkungsgrad 18 % bedeutet, dass das Modul bei einer Sonneneinstrahlung von 1 kW/m² eine Spitzenleistung von 0.18 kW_p/m² liefert.
Der Kehrwert entspricht dem Flächenbedarf: $1 \div 0.18 = 5.56 \text{ m}^2/\text{kW}_p$.
Die Lebensdauer von Modulen mit Siliziumzellen wird üblicherweise mit 30 Jahren angenommen, bei Dünnschichtmodulen sind es 25 Jahre.
Daten: Stand 2020 (Ökobilanzdaten 2020 der IEA PVPS Task 12, zur Verfügung gestellt von Treeze / R. Frischknecht)

Modulgrösse und -leistung (W_p, kW_p)

Zelltyp	Modulmasse	Modulfläche	Nennleistung	Flächenbedarf
	m	m ²	W _p /Modul	Stück/10 kW _p
Silizium, monokristallin	1.65 × 1.00	1.65	320	31 (51.2 m ²)
Silizium, polykristallin	1.65 × 1.00	1.65	300	34 (56.1 m ²)
Dünnschicht CdTe	1.20 × 0.60	0.72	130	77 (55.4 m ²)
Dünnschicht CIS	1.20 × 0.60	0.72	120	87 (62.6 m ²)

Es haben sich je Zelltyp gewisse Standard-Modulgrößen etabliert. Die auf das einzelne Modul bezogenen Daten ermöglichen einen Abgleich mit Herstellerangaben.
Beispiel: Modul mit Fläche 1.65 m² × Wirkungsgrad 0.18 kW_p/m² = Nennleistung 300 W_p/Modul
Für eine Nennleistung von 10 kW_p werden gebraucht: $10 \text{ kW}_p \div 300 \text{ W}_p/\text{Modul} \approx 34 \text{ Module}$

Degradation (Abnahme des Wirkungsgrades in %)

	Abnahme pro Jahr	Abnahme über Lebensdauer	Jahresertrag gemittelt
	%/a	%	%
Silizium, monokristallin	0.7	21.0	89.5
Silizium, polykristallin	0.7	21.0	89.5
Dünnschicht CdTe	0.7	17.5	91.3
Dünnschicht CIS	0.7	17.5	91.3

Minderung des Wirkungsgrades über die Lebensdauer (vereinfacht: lineare Abnahme).
Beispiel: Abnahme pro Jahr 0.7 %/a × Lebensdauer 30 a = 21 % Abnahme gesamt. Entspricht einem gemitteltem Jahresertrag von 89.5 %.

Umweltkennwerte PV-Anlagen bezogen auf m² BTF

Zelltyp	Installationsart	UBP'13	Primärenergie		Treibhausgas-emissionen
			erneuerbar	nicht erneuerbar (Graue Energie)	
		UBP	kWh Öl-eq	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
Silizium, monokristallin	Flachdach	441'000	98	910	250
	Schrägdach, montiert	443'000	100	890	246
	Schrägdach, integriert	419'000	84	840	230
	Fassade	419'000	88	830	228
Silizium, polykristallin	Flachdach	405'000	93	850	230
	Schrägdach, montiert	407'000	96	830	225
	Schrägdach, integriert	385'000	79	780	209
	Fassade	385'000	83	770	207
Dünnschicht CdTe	Flachdach	308'000	57	607	145
	Schrägdach, montiert	310'000	59	590	142
	Schrägdach, integriert	306'000	56	594	143
	Fassade	306'000	59	590	142
Dünnschicht CIS	Flachdach	726'000	81	763	176
	Schrägdach, montiert	730'000	83	744	173
	Schrägdach, integriert	706'000	66	680	154
	Fassade	706'000	70	675	152

Bezugsgrösse m² BTF (Bauteilfläche) ist relevant im architektonischen Kontext sowie für die Ökobilanz im Vergleich mit anderen Baumaterialien.

Daten: kW_P-Werte mit Hilfe der Modulwirkungsgrade (siehe oben) umgerechnet auf m² BTF.

Beispiel: Treibhausgasemissionen 1'280 kg CO₂-eq/kW_P × Modulwirkungsgrad 0.18 kW_P/m² = 230 kg CO₂-eq/m²

Umweltkennwerte PV-Anlagen bezogen auf kW_P

Zelltyp	Installationsart	UBP'13	Primärenergie		Treibhausgas-emissionen
			erneuerbar	nicht erneuerbar (Graue Energie)	
		UBP	kWh Öl-eq	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
Silizium, monokristallin	Flachdach	2'260'000	502	4'680	1'280
	Schrägdach, montiert	2'270'000	514	4'570	1'260
	Schrägdach, integriert	2'150'000	429	4'310	1'180
	Fassade	2'150'000	452	4'280	1'170
Silizium, polykristallin	Flachdach	2'250'000	519	4'720	1'280
	Schrägdach, montiert	2'260'000	531	4'600	1'250
	Schrägdach, integriert	2'140'000	439	4'320	1'160
	Fassade	2'140'000	464	4'290	1'150
Dünnschicht CdTe	Flachdach *	1'710'000	318	3'370	804
	Schrägdach, montiert	1'720'000	327	3'280	791
	Schrägdach, integriert	1'700'000	310	3'300	796
	Fassade *	1'700'000	326	3'280	789
Dünnschicht CIS	Flachdach *	4'540'000	506	4'770	1'100
	Schrägdach, montiert	4'560'000	520	4'650	1'080
	Schrägdach, integriert	4'410'000	412	4'250	961
	Fassade *	4'410'000	434	4'220	953

Bezugsgrösse kW_P (Kilowatt peak) ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher PV-Anlagen bei gleicher Nennleistung unter Standardbedingungen.

Daten: PV-Anlagen inkl. Halterung und Wechselrichter. Stand 2020 (Ökobilanzdaten 2020 der IEA PVPS Task 12, gerundet. * fehlende Daten interpoliert)

Blatt 2: Erträge und «graue Abschreibungen»

Erträge relativ (%)										
Zelltyp	Installationsart	Ausrichtung								
		hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°
Silizium, monokristallin Silizium, polykristallin	Flachdach	85	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	100	95	80	60	51	59	77	93
	Schrägdach, integriert	—	96	92	77	59	50	58	75	89
	Fassade	—	67	64	48	28	17	27	46	61
Dünnschicht CdTe	Flachdach	84	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	100	95	79	58	48	57	76	92
	Schrägdach, integriert	—	99	94	78	58	48	57	75	91
	Fassade	—	67	64	47	26	14	24	44	60
Dünnschicht CIS	Flachdach	85	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	100	95	80	61	51	60	77	93
	Schrägdach, integriert	—	98	93	79	60	51	59	76	91
	Fassade	—	68	65	50	29	18	28	47	62

Die Tabelle zeigt in Zahl- und Farbwerten die Leistung verschieden orientierter PV-Anlagen in Relation zur bestmöglichen Ausrichtung zur Sonne (Süden, 37° geneigt). Hinweis: Laut PVGIS ist die optimale Himmelsrichtung Süd +5° gegen Westen. Dies bleibt hier unberücksichtigt.

Jährliche Erträge (ohne Degradation, in kWh pro installierte kW_P)

Zelltyp	Installationsart	kWh/kW _P ×a je Ausrichtung								
		hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°
Silizium, monokristallin Silizium, polykristallin	Flachdach	996	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	1'177	1'117	938	707	596	695	908	1'092
	Schrägdach, integriert	—	1'133	1'077	909	691	585	679	880	1'053
	Fassade	—	794	753	568	330	201	317	538	716
Dünnschicht CdTe	Flachdach	989	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	1'178	1'117	930	688	570	674	896	1'089
	Schrägdach, integriert	—	1'161	1'102	919	681	566	668	886	1'074
	Fassade	—	790	751	556	302	164	287	521	710
Dünnschicht CIS	Flachdach	977	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schrägdach, montiert	—	1'150	1'094	922	698	589	686	891	1'068
	Schrägdach, integriert	—	1'128	1'074	907	689	583	677	877	1'049
	Fassade	—	786	749	569	335	208	321	538	712

Der Jahresertrag, d.h. die in einem Jahr produzierte Energiemenge einer PV-Anlage, ist abhängig von geographischem Standort, Neigung und Ausrichtung. (Auch die Verschattung und allfällige Oberflächenbehandlung spielen eine wesentliche Rolle; dies bleibt hier unberücksichtigt.)

Unterschiedliche Wirkungsgrade der Zelltypen werden durch die Bezugsgröße kW_P (installierte Nennleistung) ausgeblendet.

Hier verwendete Parameter:

Ort: Zürich, ETH Hönggerberg

Dachneigung: 37° (ideal)

Systemverlust: 10%

Datenquelle: PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), EU Science Hub. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP,

Zugriff AK 2021-04-15

Jährliche Erträge und «graue Abschreibungen» je m ² Bauteilfläche												
Zelltyp	Installationsart	Jährliche Erträge max. mögliche Erträge, Degradation eingerechnet									Jährliche «graue Abschreibungen» Umweltkennwerte geteilt d. Lebensdauer	
		kWh/a je Ausrichtung									Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr	Treibhausgas- emissionen pro Jahr
		hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°	kWh Öl-eq/a	kg CO ₂ -eq/a
Silizium, monokristallin	Flachdach	174	–	–	–	–	–	–	–	–	30.4	8.3
	Schrägdach, montiert	–	205	195	164	123	104	121	158	191	29.7	8.2
	Schrägdach, integriert	–	198	188	159	121	102	119	154	184	28.0	7.7
	Fassade	–	139	131	99	58	35	55	94	125	27.8	7.6
Silizium, polykristallin	Flachdach	160	–	–	–	–	–	–	–	–	28.3	7.7
	Schrägdach, montiert	–	190	180	151	114	96	112	146	176	27.6	7.5
	Schrägdach, integriert	–	182	173	146	111	94	109	142	170	25.9	7.0
	Fassade	–	128	121	91	53	32	51	87	115	25.7	6.9
Dünnschicht CdTe	Flachdach	163	–	–	–	–	–	–	–	–	24.3	5.8
	Schrägdach, montiert	–	193	183	153	113	94	111	147	179	23.6	5.7
	Schrägdach, integriert	–	191	181	151	112	93	110	146	176	23.8	5.7
	Fassade	–	130	123	91	50	27	47	86	117	23.6	5.7
Dünnschicht CIS	Flachdach	143	–	–	–	–	–	–	–	–	30.5	7.0
	Schrägdach, montiert	–	168	160	135	102	86	100	130	156	29.8	6.9
	Schrägdach, integriert	–	165	157	132	101	85	99	128	153	27.2	6.2
	Fassade	–	115	109	83	49	30	47	79	104	27.0	6.1

Hier werden die erzielbaren Erträge je Zelltyp und Ausrichtung (siehe oben) mittels Flächenbedarf und Degradation (Blatt 1) auf tatsächlich im Jahresmittel erwartbare Erträge je m² BTF umgerechnet.

Beispiel Si. poly. Flachdach: Erzielbarer Ertrag 996 kWh/kW_p × a ÷ Flächenbedarf 5.56 m²/kW_p × Degradation 89.5 % = Jahresertrag 160 kWh/m²BTF × a

Daneben stehen die jährlichen «grauen Abschreibungen», d.h. Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen für die Herstellung, mittels Lebensdauer auf jährliche Teilbeträge umgerechnet.

Beispiel Si. poly. Flachdach: Primärenergie n.e. gesamt 850 kWh Öl-eq/m²BTF ÷ Lebensdauer 30 a = Primärenergie n.e. jährlich 28.3 kWh Öl-eq/m²BTF × a

Vergleichsgrösse / «Benchmark» (CH Strommix)

Energieträger	Primärenergie nicht erneuerbar	Treibhausgasemissionen
	kWh Öl-eq	kg CO ₂ -eq
1 kWh Endenergie Strom aus CH-Verbrauchermix (2018)	2.08	0.128

Werte übernommen aus Eingabe in Blatt 1.

Hinweis: Der hohe Anteil an Wasserkraft in der Schweizer Stromproduktion führt zu einem im internationalen Vergleich niedrigen Ausstoss an Treibhausgasen. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Ausstoss bei **0.408** kg CO₂ pro kWh Strom (2019; Quelle: Umweltbundesamt), ähnlich wie der europäische Durchschnitt, aufgrund hoher fossil erzeugter Anteile. Da es nahe liegt, zuerst fossil erzeugten (Import-)Strom durch PV-Strom zu ersetzen, sind auch PV-Flächen mit ungünstigerer (Nord-)Ausrichtung vertretbar.

Umweltkennwerte für selbst produzierten Strom aus PV (Rot: ähnlich wie oder schlechter als Benchmark)

Zelltyp	Installationsart	Primärenergie nicht erneuerbar graue Energie geteilt durch Erträge									Treibhausgasemissionen graue Emissionen geteilt durch Erträge								
		kWh Öl-eq/kWh Endenergie je Ausrichtung									kg CO ₂ -eq/kWh Endenergie je Ausrichtung								
		hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°	hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	0.18	–	–	–	–	–	–	–	–	0.048	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	0.14	0.15	0.18	0.24	0.29	0.24	0.19	0.16	–	0.040	0.042	0.050	0.066	0.079	0.068	0.052	0.043
	Schrägdach, integriert	–	0.14	0.15	0.18	0.23	0.27	0.24	0.18	0.15	–	0.039	0.041	0.048	0.064	0.075	0.065	0.050	0.042
	Fassade	–	0.20	0.21	0.28	0.48	0.79	0.50	0.30	0.22	–	0.055	0.058	0.077	0.132	0.217	0.137	0.081	0.061
Silizium, polykristallin	Flachdach	0.18	–	–	–	–	–	–	–	–	0.048	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	0.15	0.15	0.18	0.24	0.29	0.25	0.19	0.16	–	0.040	0.042	0.050	0.066	0.078	0.067	0.051	0.043
	Schrägdach, integriert	–	0.14	0.15	0.18	0.23	0.27	0.24	0.18	0.15	–	0.038	0.040	0.048	0.063	0.074	0.064	0.049	0.041
	Fassade	–	0.20	0.21	0.28	0.48	0.79	0.50	0.30	0.22	–	0.054	0.057	0.075	0.130	0.213	0.135	0.080	0.060
Dünnschicht CdTe	Flachdach	0.15	–	–	–	–	–	–	–	–	0.036	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	0.12	0.13	0.15	0.21	0.25	0.21	0.16	0.13	–	0.029	0.031	0.037	0.050	0.061	0.051	0.039	0.032
	Schrägdach, integriert	–	0.12	0.13	0.16	0.21	0.26	0.22	0.16	0.13	–	0.030	0.032	0.038	0.051	0.062	0.052	0.039	0.032
	Fassade	–	0.18	0.19	0.26	0.48	0.88	0.50	0.28	0.20	–	0.044	0.046	0.062	0.115	0.211	0.121	0.066	0.049
Dünnschicht CIS	Flachdach	0.21	–	–	–	–	–	–	–	–	0.049	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	0.18	0.19	0.22	0.29	0.35	0.30	0.23	0.19	–	0.041	0.043	0.051	0.068	0.080	0.069	0.053	0.044
	Schrägdach, integriert	–	0.17	0.17	0.21	0.27	0.32	0.28	0.21	0.18	–	0.037	0.039	0.046	0.061	0.072	0.062	0.048	0.040
	Fassade	–	0.24	0.25	0.32	0.55	0.89	0.58	0.34	0.26	–	0.053	0.056	0.073	0.125	0.201	0.130	0.078	0.059

Teilt man die graue Energie bzw. die grauen Emissionen durch die PV-Erträge, erhält die Umweltkennwerte des selbst produzierten Solarstroms, welche man mit anderen Energieträgern vergleichen kann.

Bei Kennwerten unterhalb denen des gewählten Benchmarks verbessert sich die Ökobilanz des Gebäudes durch die PV-Anlage.

Beispiel Si. poly. Flachdach: Primärenergie n.e. 28.3 kWh Öl-eq/m²BTF×a ÷ Ertrag 160 kWh/m²BTF×a = Kennwert 0.18 kWh Öl-eq/kWh. Dies ist deutlich besser als der Benchmark (2.08 kWh Öl-eq/kWh).

Beispiel Si. poly Fassade Nord: Treibhausgasemissionen 6.9 kg CO₂-eq/m²BTF×a ÷ Ertrag 32 kWh/m²BTF×a = Kennwert 0.213 kg CO₂-eq/kWh. Das wäre schlechter als der Benchmark (0.128 kg CO₂-eq/kWh).

Blatt 3b: Zusammenschau, Amortisationsdauer

Amortisationsdauer der Umweltbelastungen für Erstellung u. Entsorgung der PV-Anlage (Rot: ähnlich wie oder länger als Lebensdauer der Anlage)																			
Zelltyp	Installationsart	Primärenergie nicht erneuerbar graue Energie (gesamt) geteilt durch den jährlich entfallenden Primärenergiebedarf für Netzstrom									Treibhausgasemissionen graue Emissionen (gesamt) geteilt durch die jährlich entfallenden Treibhausgasemissionen für Netzstrom								
		Jahre									Jahre								
		hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°	hori- zontal	0° (Süd)	45°	90° (West)	135°	180° (Nord)	-135°	-90° (Ost)	-45°
Silizium, monokristallin Lebensdauer: 30 Jahre	Flachdach	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	11,2	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	2,1	2,2	2,6	3,5	4,1	3,5	2,7	2,2	–	9,3	9,8	11,7	15,6	18,5	15,8	12,1	10,1
	Schrägdach, integriert	–	2,0	2,1	2,5	3,4	4,0	3,4	2,6	2,2	–	9,1	9,6	11,3	14,9	17,6	15,2	11,7	9,8
	Fassade	–	2,9	3,1	4,0	7,0	11,4	7,2	4,3	3,2	–	12,9	13,6	18,0	30,9	50,8	32,2	19,0	14,3
Silizium, polykristallin Lebensdauer: 30 Jahre	Flachdach	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	11,2	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	2,1	2,2	2,6	3,5	4,1	3,6	2,7	2,3	–	9,3	9,8	11,6	15,4	18,3	15,7	12,0	10,0
	Schrägdach, integriert	–	2,0	2,2	2,6	3,4	4,0	3,4	2,6	2,2	–	8,9	9,4	11,1	14,7	17,3	14,9	11,5	9,6
	Fassade	–	2,9	3,1	4,1	7,0	11,5	7,3	4,3	3,2	–	12,6	13,3	17,7	30,4	49,9	31,6	18,7	14,0
Dünnschicht CdTe Lebensdauer: 25 Jahre	Flachdach	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	7,0	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	1,5	1,5	1,9	2,5	3,0	2,6	1,9	1,6	–	5,7	6,1	7,3	9,8	11,9	10,1	7,6	6,2
	Schrägdach, integriert	–	1,5	1,6	1,9	2,6	3,1	2,6	2,0	1,6	–	5,9	6,2	7,4	10,0	12,0	10,2	7,7	6,3
	Fassade	–	2,2	2,3	3,1	5,7	10,5	6,0	3,3	2,4	–	8,5	9,0	12,2	22,4	41,1	23,6	13,0	9,5
Dünnschicht CIS Lebensdauer: 25 Jahre	Flachdach	2,6	–	–	–	–	–	–	–	–	9,6	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach, montiert	–	2,1	2,2	2,7	3,5	4,2	3,6	2,7	2,3	–	8,0	8,5	10,0	13,2	15,7	13,5	10,4	8,7
	Schrägdach, integriert	–	2,0	2,1	2,5	3,2	3,8	3,3	2,6	2,1	–	7,3	7,7	9,1	11,9	14,1	12,2	9,4	7,8
	Fassade	–	2,8	3,0	3,9	6,6	10,7	6,9	4,1	3,1	–	10,4	10,9	14,3	24,3	39,2	25,4	15,2	11,5

Wenn man ermitteln möchte, wie lange es dauert, bis sich die «grauen Investitionen» zur Erstellung einer PV-Anlage (Blatt 1) amortisieren («Payback time»), muss man sie ins Verhältnis setzen zu den Umweltkennwerten des mit Solarstrom zu ersetzenden Energieträgers. Ist die Amortisationsdauer kürzer als die Lebensdauer der Anlage, «lohnt» sich die Anlage in puncto Nachhaltigkeit (– die Wirtschaftlichkeit wäre separat zu betrachten).

Beispiel Si. poly. Flachdach: Primärenergie n.e. Erstellung 850 kWh Öl-eq/m²BTF ÷ (Jahresertrag PV 160 kWh/m²BTF × a × Primärenergie n.e. Benchmark 2.08 kWh Öl-eq/kWh)

= Amortisationsdauer 2.5 a, d.h. kürzer als Lebensdauer der Anlage (30 a)

Beispiel Si. poly. Fassade Nord: Treibhausgasemissionen Erstellung 207 kg CO₂-eq/m²BTF ÷ (Jahresertrag PV 32 kWh/m²BTF × Treibhausgasemissionen Benchmark 0.128 kg CO₂-eq/kWh)

= Amortisationsdauer 49.9 a, d.h. länger als Lebensdauer der Anlage (30 a)

KBOB ÖKOBILANZDATEN

Ausschnitt

Stand 2016

Ökobilanzdaten im Baubereich

KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016

Données écobilans dans la construction

Die Ökobilanz-Kennwerte wurden mit aktualisierten Hintergrunddaten (KBOB-Datenbestand 2016, basierend auf dem ecoinvent-Datenbestand v2.2) gerechnet. Neu wird in der pdf-Datei der Indikator "Primärenergie erneuerbar" anstelle des Indikators "Primärenergie, gesamt" aufgeführt. Zudem wurden die Sachbilanzen einzelner Baumaterialien (Durchschnitt und herstellereinspezifische), Gebäudetechnikelemente, Energiesysteme und Transportsysteme aktualisiert beziehungsweise neu hinzugefügt.

Legende:

schwarz:

aktualisierte Hintergrunddaten (Sachbilanzdaten unverändert)

rot:

- Zahlen in rot: Sachbilanz- und Hintergrunddaten bei bestehenden Datensätzen aktualisiert (z.B. ID-Nr. 06.001)

- ganze Zeile rot: Datensatz neu in die KBOB-Ökobilanzdaten 2016 aufgenommen (z.B. ID-Nr. 00.001)

blau schattiert (nur in der Excel-Datei verfügbar):

hersteller- oder herstellereinspezifische Datensätze

Sortierkriterien für die KBOB-Ökobilanzdaten 2016:

1. Gruppe gemäss vorderem Teil der ID-Nummer (z.B. ID-Nr. 06.xxx)

2. innerhalb Gruppe alphabetisch nach Name in deutscher Sprache

Auf www.kbob.ch > Publikationen > Nachhaltiges Bauen, sind zwei Dateien platziert:

Die pdf-Datei "Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016" soll den Planenden den Einstieg in diese Thematik erleichtern. Sie enthält für die Schweiz repräsentative Daten für Baumaterialien und Gebäudetechnik (Herstellung, Entsorgung), Energie sowie Transporte (Betrieb, Fahrzeug, Infrastruktur).

Die Excel-Datei «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016» enthält zusätzlich die Ergebnisse des Indikators "Primärenergie, gesamt", herstellereinspezifische Daten sowie die Daten zu den bauspezifischen Entsorgungsprozessen. Die Excel-Datei wird in zwei Versionen angeboten, in denen die Primärenergie in MJ bzw. in kWh gezeigt wird. Ab 2017 wird nur noch die Einheit kWh verwendet. Die Excel-Datei stellt ein Arbeitsinstrument dar.

Gesamtbewertung		Teilbewertung	
UBP'13	Primärenergie (PE)		Treibhausgasemissionen (THG-E)
	erneuerbar	nicht erneuerbar (Graue Energie)	
Die Umweltbelastungspunkte 2013 (UBP'13) quantifizieren die Umweltbelastungen durch die Nutzung von Energie- und stofflichen Ressourcen, von Land und Süßwasser, durch Emissionen in Luft, Gewässer und Boden, durch die Ablagerung von Rückständen aus der Abfallbehandlung sowie durch Verkehrslärm.	Die erneuerbare Primärenergie quantifiziert den kumulierten Energieaufwand der erneuerbaren Energieträger. Die erneuerbaren Energieträger umfassen Wasserkraft, Holz / Biomasse (ohne Kahlschlag von Primärwäldern), Sonnen-, Wind-, geothermische Energie und Umgebungswärme. Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt.	Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) quantifiziert den kumulierten Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern. Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt.	Die Treibhausgasemissionen quantifizieren die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase bezogen auf die Leitsubstanz CO ₂ . Die Treibhauswirkung wird auf Basis der Treibhauspotenziale des 5. Sachstandberichts des IPCC (2013) quantifiziert.
Die Umweltauswirkungen der Teilbewertungen sind in der Gesamtbewertung UBPs enthalten.	Diese Kenngrösse ist Teil der Betrachtung gemäss 2000 Watt Gesellschaft. Mit der Summe aus Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar wird die dem Gebäude zugeführte Energiemenge (Endenergie) gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude» bewertet.	Mit dieser Kenngrösse wird die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» und gemäss Merkblatt SIA 2040 „SIA-Effizienzpfad Gebäude“ bewertet.	Mit dieser Kenngrösse werden die dem Gebäude zugeführte Energiemenge gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude», die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» sowie der Energieverbrauch gemäss Merkblatt SIA 2040 «Effizienzpfad Energie» bewertet.
Die Beurteilung mit der Methode der ökologischen Knappheit zeigt in Umweltbelastungspunkten (UBP'13) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen auf und basiert auf der Schweizerischen Umweltpolitik. Sie entspricht den Anforderungen eines „true and fair view“ bezüglich Umweltinformationen.		Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) ist ein im Baubereich etablierter Kennwert. Die Instrumente des Vereins ecobau (ecoDevis, ecoBKP-Merkblätter) stützen sich für eine gesamtheitliche Beurteilung neben zusätzlichen ökologischen Merkmalen auf diese Teilbewertung ab.	Die in dieser Empfehlung ausgewiesenen Treibhausgasemissionen sind ein Kennwert für die Klimaerwärmung. Sie sind nicht gleichbedeutend mit dem standortgebundenen CO₂-Ausstoss, welcher Gegenstand von Zielvereinbarungen zwischen Emittenten und der Eidgenossenschaft im Rahmen des CO₂-Gesetzes ist.

Ökobilanzen basieren auf Modellen, die von Wertvorstellungen geprägt sind. Somit sind die Ergebnisse nicht wertfrei. In dieser Empfehlung wurde für alle Materialien dieselbe Modellierungsmethode verwendet. Werden andere Modellierungsmethoden verwendet, können die Ergebnisse anders aussehen. Diese Informationen stammen aus zuverlässigen Quellen. Die Autoren oder ihre Organisationen lehnen jedoch jegliche Haftung für Schäden oder Verluste ab, die durch die Verwendung dieser Angaben entstehen könnten. Die Verantwortung für die Nutzung der Informationen liegt ausschliesslich bei den sie Verwendenden.

Ökobilanzdaten im Baubereich																
KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016																
ID-Nummer No d'identification	BAUMATERIALIEN [Bibliographie treeze, version 2.2:2016] Hinweis: herstellerspezifische und herstellerregionenspezifische Daten sind in der Excel-Version enthalten.	Rohdichte/ Flächen- masse Masse volumique/ surface	Bezug Référence	UBP*13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre			
				UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar (Graue Energie) non renouvelable (énergie grise)						
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	
				Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	
00	Vorbereitungsarbeiten	-														
00.001	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, gespiesst	-	m ²	1'010'000	877'000	130'000	110	101	9.57	2'280	2'020	258	828	778	50.2	
00.002	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, unverankert	-	m ²	952'000	822'000	130'000	94.3	84.8	9.57	2'090	1'830	258	788	738	50.2	
00.003	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, verankert	-	m ²	778'000	692'000	86'200	82.8	76.4	6.32	1'510	1'340	170	512	478	33.1	
00.004	Baugrubensicherung, Nagelwand	-	m ²	171'000	152'000	18'900	17.9	16.6	1.39	324	286	37.5	116	109	7.28	
00.005	Baugrubensicherung, Rühlwand, auskragend	-	m ²	332'000	302'000	30'100	108	106	2.20	934	874	59.5	266	254	11.6	
00.006	Baugrubensicherung, Rühlwand, gespiesst	-	m ²	240'000	222'000	17'800	46.7	45.4	1.31	677	642	35.2	184	177	6.84	
00.007	Baugrubensicherung, Rühlwand, verankert	-	m ²	259'000	238'000	20'600	43.9	42.4	1.51	681	640	40.7	192	184	7.90	
00.008	Baugrubensicherung, Schlitzwand, 400 mm	-	m ²	648'000	583'000	65'500	73.3	68.6	4.76	1'250	1'120	130	407	382	25.2	
00.009	Baugrubensicherung, Schlitzwand, 800 mm	-	m ²	1'230'000	1'100'000	129'000	136	126	9.43	2'270	2'010	256	777	728	49.6	
00.010	Baugrubensicherung, Spundwand, auskragend	-	m ²	228'000	228'000	0	46.2	46.2	0	747	747	0	163	163	0	
00.011	Baugrubensicherung, Spundwand, gespiesst	-	m ²	129'000	129'000	0	25.3	25.3	0	421	421	0	92.3	92.3	0	
00.012	Baugrubensicherung, Spundwand, verankert	-	m ²	255'000	255'000	0	55.3	55.3	0	813	813	0	181	181	0	
00.013	Tiefgründung, Mikrobohrpfahl	-	m	48'600	48'600	0	7.74	7.74	0	116	116	0	30.6	30.6	0	
00.014	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 700 mm	-	m	229'000	229'000	0	22.4	22.4	0	404	404	0	159	159	0	
00.015	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 900 mm	-	m	331'000	331'000	0	35.0	35.0	0	566	566	0	239	239	0	
00.016	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 1200 mm	-	m	506'000	506'000	0	55.6	55.6	0	851	851	0	372	372	0	
00.017	Tiefgründung, Ortbetonverdrängungspfahl 560/480 mm	-	m	122'000	122'000	0	9.87	9.87	0	226	226	0	72.2	72.2	0	
00.018	Tiefgründung, Ortbetonverdrängungspfahl 660/580 mm	-	m	152'000	152'000	0	13.2	13.2	0	273	273	0	91.3	91.3	0	
00.019	Tiefgründung, Rüttelstopfsäule	-	m	29'900	29'900	0	1.10	1.10	0	30.9	30.9	0	6.45	6.45	0	
00.020	Tiefgründung, Vorgefertigter Betonpfahl	-	m	38'800	38'800	0	4.22	4.22	0	66.1	66.1	0	28.6	28.6	0	
00.021	Wasserhaltung, Pumphöhe 2.5 m	-	m ³	14.4	14.4	0	0.020	0.020	0	0.101	0.101	0	0.004	0.004	0	
00.022	Wasserhaltung, Pumphöhe 5 m	-	m ³	16.8	16.8	0	0.023	0.023	0	0.119	0.119	0	0.005	0.005	0	
00.023	Wasserhaltung, Pumphöhe 7.5 m	-	m ³	19.6	19.6	0	0.027	0.027	0	0.138	0.138	0	0.006	0.006	0	
00.024	Wasserhaltung, Pumphöhe 10 m	-	m ³	22.5	22.5	0	0.031	0.031	0	0.159	0.159	0	0.007	0.007	0	
01	Beton	kg/m ³														
01.001	Magerbeton (ohne Bewehrung)	2'150	kg	65.1	40.2	24.9	0.009	0.007	0.002	0.139	0.092	0.047	0.059	0.050	0.009	
01.002	Hochbaubeton (ohne Bewehrung)	2'300	kg	94.3	67.3	27.0	0.013	0.012	0.002	0.201	0.148	0.054	0.099	0.089	0.010	
01.003	Tiefbaubeton (ohne Bewehrung)	2'350	kg	99.9	72.9	27.0	0.014	0.013	0.002	0.217	0.164	0.053	0.107	0.096	0.010	
01.004	Bohrpfahlbeton (ohne Bewehrung)	2'325	kg	106	79.0	26.9	0.016	0.014	0.002	0.228	0.175	0.053	0.117	0.107	0.010	
01.041	Betonfertigteile, hochfester Beton, ab Werk	2'770	kg	477	454	23.8	0.057	0.056	0.002	0.768	0.721	0.047	0.265	0.255	0.009	
01.042	Betonfertigteile, Normalbeton, ab Werk	2'500	kg	245	218	26.1	0.096	0.094	0.002	0.484	0.432	0.052	0.172	0.162	0.010	
01.043	Hanfbeton	600	kg	371	370	0.743	0.882	0.882	0.000	0.984	0.982	0.003	0.288	0.288	0.000	
Betonartenrechner: Mit dem Betonartenrechner (http://treeze.ch/de/rechner/betonartenrechner/) können die Umweltkennwerte von spezifischen Betonen mit verschiedenen Zementtypen und Gesteinskörnungen berechnet werden.																
Calculatrice à béton: la calculatrice (http://treeze.ch/de/rechner/betonartenrechner/) permet de calculer les données environnementales des différents types de béton fabriqués à partir de ciments et granulats divers.																
02	Mauersteine	kg/m ³														
02.001	Backstein	900	kg	217	191	25.8	0.078	0.076	0.002	0.791	0.740	0.051	0.258	0.249	0.009	
02.002	Kalksandstein	1'400	kg	157	132	25.1	0.037	0.035	0.002	0.398	0.350	0.048	0.138	0.129	0.009	
02.003	Leichtlehmstein	700	kg	237	212	25.8	0.793	0.791	0.002	0.762	0.712	0.051	0.170	0.161	0.009	
02.004	Leichtzementstein, Blähton	1'200	kg	471	445	26.6	0.052	0.050	0.002	1.51	1.46	0.053	0.417	0.407	0.010	
02.005	Leichtzementstein, Naturbims	1'200	kg	222	195	26.6	0.031	0.029	0.002	0.424	0.371	0.053	0.223	0.214	0.010	
02.006	Porenbetonstein	500	kg	348	323	25.8	0.065	0.064	0.002	0.925	0.875	0.051	0.417	0.408	0.009	
02.007	Zementstein	1'700	kg	133	108	25.1	0.024	0.022	0.002	0.254	0.207	0.047	0.129	0.121	0.009	
03	Andere Massivbaustoffe	kg/m ³														
03.001	Betonziegel	2'300	kg	212	187	25.8	0.034	0.033	0.002	0.517	0.466	0.051	0.217	0.208	0.009	
03.002	Faserzement-Dachschindel	1'800	kg	751	724	26.6	0.476	0.474	0.002	2.45	2.40	0.053	0.727	0.717	0.010	
03.003	Faserzementplatte gross	1'800	kg	1'030	1'000	26.6	0.624	0.622	0.002	3.27	3.22	0.053	1.09	1.08	0.010	
03.004	Faserzement-Wellplatte	1'800	kg	726	700	26.6	0.544	0.543	0.002	2.06	2.01	0.053	0.678	0.669	0.010	
03.005	Flachglas beschichtet	2'500	kg	1'350	1'340	18.6	0.233	0.232	0.001	4.71	4.65	0.068	1.16	1.15	0.010	
03.006	Flachglas unbeschichtet	2'500	kg	1'140	1'120	18.6	0.130	0.130	0.001	4.06	4.00	0.068	1.10	1.09	0.010	
03.007	Gipsfaserplatte	1'200	kg	488	470	17.5	0.086	0.085	0.001	2.46	2.40	0.065	0.537	0.527	0.009	
03.008	Gipskartonplatte	850	kg	314	296	17.3	0.079	0.078	0.001	1.35	1.28	0.065	0.293	0.284	0.009	
03.016	Gips-Wandbauplatte / Vollgipsplatte	1'000	kg	343	326	17.2	0.029	0.028	0.001	1.44	1.37	0.064	0.307	0.298	0.009	
03.009	Hartsandsteinplatte	2'500	kg	75.0	49.9	25.1	0.039	0.037	0.002	0.302	0.254	0.048	0.034	0.025	0.009	
03.010	Keramik-/Steinzeugplatte	2'600	kg	2'460	2'430	25.8	0.234	0.232	0.002	3.81	3.76	0.051	0.777	0.768	0.009	
03.011	Kies gebrochen	2'000	kg	64.9	39.8	25.1	0.007	0.005	0.002	0.084	0.036	0.048	0.013	0.005	0.009	
03.012	Rundkies	2'000	kg	61.0	35.9	25.1	0.003	0.001	0.002	0.064	0.017	0.048	0.012	0.003	0.009	
03.013	Sand	2'000	kg	65.7	35.9	29.7	0.003	0.001	0.001	0.081	0.017	0.064	0.014	0.003	0.011	
03.014	Sanitärkeramik	2'000	kg	3'030	3'000	25.8	0.401	0.399	0.002	11.2	11.1	0.051	2.32	2.31	0.009	
03.020	Stampflehm	2'000	kg	39.4	25.2	14.2	0.005	0.004	0.000	0.129	0.075	0.054	0.023	0.016	0.007	
03.015	Tonziegel	1'700	kg	300	274	25.8	0.034	0.032	0.002	1.12	1.07	0.051	0.375	0.366	0.009	

KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016															
ID-Nummer No d'identification	BAUMATERIALIEN [Bibliographie treeze, version 2.2:2016] Hinweis: herstellerspezifische und herstellerregionenspezifische Daten sind in der Excel-Version enthalten.	Rohdichte/ Flächen- masse Masse volumique/ surface	Bezug Référence	UBP*13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre		
				UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar (Graue Energie) non renouvelable (énergie grise)					
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
				Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
04	Mörtel und Putze	kg/m³													
04.008	Baukleber/Einbettmörtel mineralisch	1'400	kg	427	410	17.2	0.166	0.166	0.001	1.60	1.54	0.064	0.406	0.397	0.009
04.010	Baukleber/Einbettmörtel mineralisch Leichtzuschlag	1'100	kg	424	407	17.2	0.146	0.146	0.001	1.69	1.62	0.064	0.427	0.418	0.009
04.002	Baukleber/Einbettmörtel organisch	1'670	kg	1'000	982	17.2	0.146	0.145	0.001	4.20	4.14	0.064	0.758	0.749	0.009
04.017	Gips-Kalk-Putz	925	kg	151	134	17.2	0.064	0.063	0.001	0.686	0.622	0.064	0.155	0.145	0.009
04.001	Gips-Weissputz	1'100	kg	146	129	17.2	0.062	0.061	0.001	0.692	0.628	0.064	0.147	0.138	0.009
04.003	Kunststoffputz (Dispersionsputz)	1'540	kg	1'230	1'210	17.2	0.227	0.227	0.001	5.25	5.19	0.064	0.951	0.942	0.009
04.013	Kalk-Zement/Zement-Kalk-Putz	1'550	kg	237	220	17.2	0.130	0.130	0.001	0.765	0.701	0.064	0.247	0.238	0.009
04.004	Lehmputz	1'800	kg	62.3	43.0	19.3	0.016	0.014	0.002	0.164	0.134	0.031	0.023	0.018	0.005
04.015	Leichtputz mineralisch	1'000	kg	366	348	17.2	0.154	0.154	0.001	1.30	1.23	0.064	0.366	0.357	0.009
04.011	Silikatputz (Dispersionssilikatputz)	1'880	kg	1'220	1'200	17.2	0.249	0.248	0.001	5.11	5.04	0.064	0.975	0.966	0.009
04.012	Silikonharzputz	1'670	kg	1'410	1'390	17.2	0.370	0.370	0.001	6.17	6.10	0.064	1.12	1.11	0.009
04.016	Sumpfkalkputz	1'350	kg	442	425	17.2	0.113	0.112	0.001	1.80	1.74	0.064	0.469	0.460	0.009
04.005	Unterlagsboden Anhydrit, 60 mm	2'000	kg	146	128	18.5	0.025	0.025	0.001	0.458	0.389	0.069	0.087	0.077	0.010
04.006	Unterlagsboden Zement, 85 mm	1'850	kg	140	122	17.2	0.031	0.031	0.001	0.281	0.217	0.064	0.125	0.116	0.009
04.007	Wärmedämmputz EPS	250	kg	613	596	17.2	0.135	0.135	0.001	1.96	1.89	0.064	0.767	0.758	0.009
04.014	Weisszementputz	1'550	kg	301	284	17.2	0.136	0.135	0.001	1.00	0.938	0.064	0.328	0.319	0.009
04.009	Zementputz	1'550	kg	255	238	17.2	0.122	0.121	0.001	0.728	0.664	0.064	0.269	0.260	0.009
05	Fenster, Sonnenschutz, Fassadenverkleidungen	kg/m²													
05.008	Fassade, Pfosten-Riegel, Alu/Glas	-	m ²	250'000	242'000	7'250	66.1	66.0	0.099	760	757	3.08	177	163	13.5
05.022	Fassadenplatte, Aluverbund, 4 mm	7.1	m ²	45'400	41'100	4'240	24.5	24.5	0.009	200	199	0.527	44.3	35.8	8.58
05.023	Fassadenplatte, Hochdrucklaminatplatte (HPL), 8.1 mm	11.6	m ²	49'800	43'500	6'310	89.7	89.7	0.044	198	196	1.82	44.5	33.4	11.1
05.025	Fassadenplatte, Kalkstein, 30 mm	78	m ²	6'160	4'210	1'960	1.92	1.77	0.145	25.6	21.8	3.75	5.13	4.45	0.677
05.024	Fassadenplatte, Kunststoff glasfaserverstärkt (GFK), 1.6 mm	2.4	m ²	22'100	19'600	2'460	3.66	3.65	0.012	75.7	75.3	0.462	21.2	16.5	4.76
05.004	Fensterrahmen Aluminium	-	m ²	406'000	387'000	18'600	216	216	0.123	1'600	1'600	3.42	362	326	36.1
05.005	Fensterrahmen Holz	-	m ²	217'000	201'000	15'900	711	711	0.136	573	565	8.09	128	109	19.6
05.006	Fensterrahmen Holz-Aluminium	-	m ²	319'000	301'000	18'400	720	720	0.138	951	943	7.75	217	191	25.7
05.007	Fensterrahmen Kunststoff/PVC	-	m ²	450'000	416'000	33'200	69.4	66.9	2.42	1'520	1'490	28.9	285	228	57.2
05.001	Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m ² K, Dicke 24 mm	-	m ²	46'800	44'600	2'180	9.52	9.51	0.018	171	170	1.35	43.7	39.8	3.88
05.009	Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m ² K, Dicke 18 mm	-	m ²	51'300	49'600	1'730	12.3	12.3	0.016	199	198	1.30	47.9	44.9	2.98
05.010	Isolierverglasung 2-fach, ESG, Ug-Wert 1.1 W/m ² K	-	m ²	57'500	55'300	2'180	16.8	16.8	0.018	226	225	1.35	51.1	47.2	3.88
05.002	Isolierverglasung 2-fach, VSG, Ug-Wert 1.1 W/m ² K	-	m ²	84'000	80'100	3'900	19.3	19.2	0.025	335	333	2.05	78.2	71.1	7.16
05.011	Isolierverglasung 2-fach, ESG/VSG, Ug-Wert 1.1 W/m ² K	-	m ²	94'700	90'800	3'900	26.6	26.5	0.025	390	388	2.05	85.6	78.4	7.16
05.003	Isolierverglasung 3-fach, Ug-Wert 0.5 W/m ² K, Dicke 36 mm	-	m ²	83'100	80'100	2'980	22.0	22.0	0.025	327	325	1.99	77.3	72.1	5.25
05.012	Isolierverglasung 3-fach, Ug-Wert 0.6 W/m ² K, Dicke 40 mm	-	m ²	74'300	70'900	3'450	14.9	14.9	0.027	261	259	2.04	66.8	60.7	6.16
05.013	Isolierverglasung 3-fach, ESG/ESG, Ug-Wert 0.6 W/m ² K	-	m ²	95'800	92'300	3'450	29.6	29.6	0.027	371	369	2.04	81.6	75.4	6.16
05.014	Isolierverglasung 3-fach, ESG/ESG/ESG, Ug-Wert 0.6 W/m ² K	-	m ²	106'000	103'000	3'450	36.9	36.9	0.027	426	424	2.04	88.9	82.7	6.16
05.015	Isolierverglasung 3-fach, VSG, Ug-Wert 0.6 W/m ² K	-	m ²	112'000	106'000	5'170	24.5	24.5	0.034	424	422	2.74	101	92.0	9.45
05.016	Isolierverglasung 3-fach, ESG/VSG, Ug-Wert 0.6 W/m ² K	-	m ²	124'000	118'000	5'170	32.0	32.0	0.034	484	481	2.74	110	100.0	9.45
05.020	Putzträgerplatte kunstharzgebunden 13 mm	6.3	m ²	11'200	11'000	108	3.64	3.64	0.004	44.5	44.1	0.403	8.01	7.95	0.057
05.021	Putzträgerplatte mineralisch gebunden 12.5 mm	14.4	m ²	7'210	6'970	248	2.37	2.36	0.009	19.3	18.4	0.923	6.18	6.05	0.131
05.018	Sonnenschutz, Ausstellstoren motorisiert	-	m ²	141'000	140'000	831	36.0	36.0	0.031	297	297	0.448	65.0	63.5	1.48
05.017	Sonnenschutz, Lamellenstoren motorisiert	-	m ²	111'000	110'000	633	32.4	32.3	0.028	263	262	0.374	57.4	56.3	1.11
05.019	Sonnenschutz, Rollladen motorisiert	-	m ²	138'000	137'000	284	44.5	44.5	0.029	331	331	0.365	71.9	71.5	0.408
Bezugsgrößen: Fassade: Glas- und Rahmenfläche; Fensterrahmen: Rahmenfläche; Isolierverglasung: Glasfläche; Sonnenschutz: Fensterlichtmass; Valeurs de référence: façade: surface en verre et cadres; cadres de fenêtre; double vitrage: surface en verre; p															
06	Metallbaustoffe	kg/m³													
06.001	Aluminiumblech, blank	2'690	kg	7'300	7'300	0	5.29	5.29	0	26.7	26.7	0	5.62	5.62	0
06.002	Aluminiumprofil, blank	2'690	kg	6'980	6'980	0	5.30	5.30	0	27.3	27.3	0	5.71	5.71	0
06.003	Armierungsstahl	7'850	kg	2'860	2'860	0	0.211	0.211	0	3.55	3.55	0	0.682	0.682	0
06.014	Blei	11'340	kg	6'530	6'530	0	0.236	0.236	0	4.03	4.03	0	1.04	1.04	0
06.004	Chromnickelstahlblech 18/8 blank	7'900	kg	6'890	6'890	0	2.38	2.38	0	15.3	15.3	0	3.76	3.76	0
06.005	Chromnickelstahlblech 18/8 verzinkt	7'900	kg	10'700	10'700	0	2.66	2.66	0	23.0	23.0	0	5.45	5.45	0
06.006	Chromstahlblech blank	7'700	kg	5'250	5'250	0	0.923	0.923	0	9.53	9.53	0	2.24	2.24	0
06.007	Chromstahlblech verzinkt	7'700	kg	8'990	8'990	0	1.20	1.20	0	17.2	17.2	0	3.93	3.93	0
06.008	Kupferblech, blank	8'900	kg	51'500	51'500	0	1.65	1.65	0	9.27	9.27	0	2.19	2.19	0
06.009	Messing-/Baubronzeblech	8'300	kg	47'000	47'000	0	1.89	1.89	0	11.5	11.5	0	2.71	2.71	0
06.010	Stahlblech, blank	7'850	kg	3'570	3'570	0	0.294	0.294	0	7.75	7.75	0	1.83	1.83	0
06.011	Stahlblech, verzinkt	7'850	kg	16'100	16'100	0	1.05	1.05	0	15.7	15.7	0	3.51	3.51	0
06.012	Stahlprofil, blank	7'850	kg	1'000	1'000	0	0.251	0.251	0	3.46	3.46	0	0.734	0.734	0
06.013	Titanzinkblech	7'200	kg	35'800	35'800	0	2.59	2.59	0	17.4	17.4	0	4.04	4.04	0

Ökobilanzdaten im Baubereich															
KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016															
ID-Nummer No d'identi- fication	BAUMATERIALIEN [Bibliographie treeze, version 2.2:2016] Hinweis: herstellerspezifische und herstellerregionenspezifische Daten sind in der Excel-Version enthalten.	Rohdichte/ Flächen- masse Masse volumique/ surface	Bezug Référence	UBP'13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre		
				UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar (Graue Energie) non renouvelable (énergie grise)					
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
				Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
07	Holz und Holzwerkstoffe	kg/m ³													
07.001	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	470	kg	1'360	1'280	79.7	9.57	9.57	0.001	2.99	2.94	0.053	0.523	0.412	0.111
07.003	Brettschichtholz, MF-gebunden, Feuchtbereich	470	kg	1'040	953	86.9	8.70	8.70	0.001	2.45	2.39	0.058	0.485	0.365	0.121
07.002	Brettschichtholz, UF-gebunden, Trockenbereich	470	kg	995	908	86.9	8.70	8.70	0.001	2.24	2.18	0.058	0.446	0.326	0.121
07.004	Hartfaserplatte	955	kg	1'310	1'220	91.1	7.03	7.03	0.001	4.20	4.14	0.061	1.16	1.04	0.126
07.005	Holzwohle-Leichtbauplatte, zementgebunden	400	kg	561	508	52.8	2.02	2.02	0.001	1.34	1.26	0.077	0.554	0.537	0.017
07.008	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, gehobelt	675	kg	420	393	27.0	6.32	6.32	0.001	0.685	0.651	0.034	0.126	0.116	0.010
07.007	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, rau	675	kg	379	352	27.0	6.22	6.22	0.001	0.578	0.544	0.034	0.109	0.099	0.010
07.006	Massivholz Buche / Eiche, luftgetrocknet, rau	705	kg	311	286	24.7	5.39	5.39	0.001	0.475	0.443	0.031	0.093	0.084	0.009
07.011	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetr., gehobelt	465	kg	502	475	27.0	6.66	6.66	0.001	0.812	0.778	0.034	0.143	0.133	0.010
07.010	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	485	kg	424	399	24.7	5.78	5.78	0.001	0.690	0.659	0.031	0.125	0.116	0.009
07.009	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetrocknet, rau	485	kg	347	322	24.7	5.51	5.51	0.001	0.504	0.473	0.031	0.101	0.091	0.009
07.012	Mitteldichte Faserplatte (MDF), UF-gebunden	685	kg	1'170	1'080	91.1	5.85	5.85	0.001	4.88	4.82	0.061	1.04	0.910	0.126
07.013	OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich	605	kg	883	792	91.4	8.24	8.24	0.001	2.76	2.70	0.061	0.614	0.487	0.127
07.015	Spanplatte, PF-gebunden, Feuchtbereich	640	kg	746	654	91.4	4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127
07.016	Spanplatte, UF-gebunden, beschichtet, Trockenbereich	640	kg	967	876	91.4	4.68	4.68	0.001	4.19	4.13	0.061	0.845	0.718	0.127
07.014	Spanplatte, UF-gebunden, Trockenbereich	640	kg	746	654	91.4	4.36	4.36	0.001	2.97	2.91	0.061	0.646	0.519	0.127
07.018	Sperholz/Multiplex, PF-gebunden, Feuchtbereich	500	kg	2'180	2'100	79.7	10.3	10.2	0.001	7.28	7.23	0.053	1.46	1.35	0.111
07.017	Sperholz/Multiplex, UF-gebunden, Trockenbereich	500	kg	1'860	1'780	79.7	10.2	10.2	0.001	5.94	5.88	0.053	1.17	1.06	0.111
08	Klebstoffe und Fugendichtungsmassen	kg/m ³													
08.001	2-Komponenten Klebstoff	1'500	kg	6'450	5'700	754	0.355	0.350	0.005	24.6	24.3	0.348	5.95	4.61	1.34
08.002	Heissbitumen	1'000	kg	2'640	1'460	1'180	0.053	0.045	0.008	15.5	15.3	0.217	3.06	0.692	2.37
08.003	Kautschukdichtungsmasse	1'500	kg	7'470	5'880	1'590	0.288	0.282	0.006	24.1	24.0	0.163	5.21	2.05	3.16
08.004	Polysulfiddichtungsmasse	1'600	kg	3'520	1'930	1'590	0.428	0.422	0.006	7.75	7.59	0.163	4.67	1.51	3.16
08.005	Silicon-Fugenmasse	1'000	kg	4'550	2'960	1'590	2.19	2.18	0.006	15.0	14.8	0.163	5.87	2.71	3.16
09	Dichtungsbahnen und Schutzfolien	kg/m ³													
09.001	Dampfbremse bituminös	1'100	kg	3'100	1'920	1'180	0.658	0.650	0.008	13.9	13.6	0.217	3.54	1.17	2.37
09.002	Dampfbremse Polyethylen (PE)	920	kg	3'600	2'240	1'360	0.909	0.907	0.002	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58
09.003	Dichtungsbahn bituminös	1'100	kg	2'610	1'430	1'180	0.257	0.249	0.008	12.5	12.3	0.217	3.25	0.880	2.37
09.004	Dichtungsbahn Gummi (EPDM)	1'100	kg	4'930	3'340	1'590	0.728	0.721	0.006	24.8	24.6	0.163	5.86	2.70	3.16
09.005	Dichtungsbahn Polyolefin (FPO)	1'000	kg	4'430	2'940	1'480	0.412	0.410	0.002	23.1	22.9	0.132	5.55	2.52	3.03
09.006	Kraftpapier	650	kg	3'040	2'950	86.2	14.5	14.5	0.002	8.05	7.95	0.102	1.69	1.65	0.041
09.007	Polyethylenfolie (PE)	920	kg	3'600	2'240	1'360	0.909	0.907	0.002	24.8	24.7	0.133	5.33	2.76	2.58
09.008	Polyethylenvlies (PE)	920	kg	3'650	2'290	1'360	0.555	0.552	0.002	25.9	25.8	0.133	5.53	2.95	2.58
10	Wärmedämmstoffe	kg/m ³													
10.014	Aerogel-Vlies	150	kg	45'400	45'200	181	13.7	13.7	0.002	231	231	0.127	48.7	48.4	0.303
10.012	Bläuperlit	65-140	kg	950	920	29.8	0.173	0.172	0.001	4.53	4.47	0.068	1.01	1.00	0.010
10.011	Blähvermiculit	65-140	kg	589	563	25.8	0.054	0.052	0.002	1.85	1.80	0.051	0.437	0.428	0.009
10.016	Flachsfasern	30	kg	1'630	1'480	144	6.05	6.05	0.001	5.20	5.14	0.060	0.990	0.768	0.222
10.017	Flachsfasern, feuerfest	30	kg	2'020	1'870	144	5.55	5.55	0.001	7.38	7.32	0.060	1.42	1.20	0.222
10.001	Glaswolle	20-100	kg	1'690	1'660	29.8	2.19	2.19	0.001	7.75	7.68	0.068	1.13	1.12	0.010
10.002	Korkplatte	120	kg	1'690	1'530	159	7.68	7.68	0.002	6.65	6.54	0.106	1.34	1.12	0.221
10.003	Phenolharz (PF)	40	kg	6'490	5'310	1'180	0.707	0.620	0.086	34.6	33.6	1.03	6.23	4.19	2.04
10.004	Polystyrol expandiert (EPS)	15-40	kg	5'180	3'610	1'570	0.360	0.358	0.002	29.8	29.7	0.133	7.64	4.46	3.19
10.005	Polystyrol extrudiert (XPS)	30-35	kg	10'800	9'240	1'570	0.507	0.505	0.002	29.1	28.9	0.133	14.5	11.3	3.19
10.006	Polyurethan (PUR/PIR)	30	kg	6'630	5'110	1'510	0.806	0.796	0.010	30.2	29.6	0.642	7.52	4.80	2.72
10.007	Schaumglas	100-165	kg	1'040	1'020	18.6	1.89	1.89	0.001	5.32	5.26	0.068	1.17	1.16	0.010
10.013	Schaumglasschotter	125-150	kg	323	309	14.2	0.261	0.260	0.000	1.74	1.69	0.054	0.155	0.148	0.007
10.008	Steinwolle	32-160	kg	1'140	1'110	29.8	0.339	0.338	0.001	4.33	4.27	0.068	1.13	1.12	0.010
10.015	Strohballenwand	215	kg	562	562	0	4.79	4.79	0	0.228	0.228	0	0.090	0.090	0
10.009	Weichfaserplatte	148	kg	860	816	43.6	7.04	7.03	0.001	3.53	3.49	0.041	0.665	0.624	0.041
10.010	Zellulosefasern	35-60	kg	418	332	86.2	0.242	0.240	0.002	1.03	0.931	0.102	0.257	0.216	0.041
11	Bodenbeläge	kg/m ²													
11.001	2K-Fliesbelag Industrie (Epoxidharz), 2.25 mm	4.55	m ²	28'900	25'500	3'430	1.44	1.41	0.024	65.1	63.5	1.58	17.2	11.1	6.09
11.002	2K-Fliesbelag Wohnen/Verwaltung (Epoxidharz, PU), 2 mm	3.6	m ²	21'100	18'200	2'980	2.02	2.00	0.023	62.4	60.9	1.54	15.2	10.0	5.19
11.003	Gummigranulat versiegelt, 7.5 mm	8.25	m ²	23'500	16'700	6'780	2.47	2.43	0.041	112	110	2.15	27.5	14.9	12.6
11.004	Gussasphalt, 27.5 mm	63.3	m ²	24'500	16'800	7'680	2.93	2.83	0.101	126	120	5.58	14.1	12.9	1.17
11.005	Hartbeton einschichtig, 27.5 mm	57.8	m ²	18'800	18'600	214	2.03	2.02	0.004	49.8	49.2	0.509	16.9	16.8	0.085
11.006	Hartbeton zweischichtig, 35 mm	73.5	m ²	19'400	19'100	270	2.01	2.00	0.006	45.0	44.3	0.642	16.8	16.7	0.107
11.007	Kautschuk, 2 mm	3.36	m ²	14'900	12'300	2'600	9.91	9.89	0.016	60.4	59.8	0.538	15.7	10.9	4.78
11.008	Keramik-/Steinzeugplatte, 9 mm	18	m ²	44'200	43'700	464	4.22	4.18	0.032	68.6	67.7	0.909	14.0	13.8	0.163
11.009	Kork Fertigparkett, 10.5 mm	7.8	m ²	11'000	9'740	1'210	38.6	38.6	0.012	46.8	46.2	0.626	9.68	8.02	1.66
11.010	Kork PVC-beschichtet, 3.2 mm	2.7	m ²	7'200	5'650	1'550	8.04	8.04	0.009	33.9	33.6	0.357	7.58	4.76	2.82

Ökobilanzdaten im Baubereich															
KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016															
ID-Nummer No d'identification	BAUMATERIALIEN [Bibliographie treeze, version 2.2:2016] Hinweis: herstellerspezifische und herstellerregionenspezifische Daten sind in der Excel-Version enthalten.	Rohdichte/ Flächen- masse Masse volumique/ surface	Bezug Référence	UBP*13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre		
				UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar (Graue Energie) non renouvelable (énergie grise)					
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
				Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
11	Bodenbeläge	kg/m²													
11.011	Korkparkett geölt/versiegelt, 5,3 mm	2.7	m ²	3'020	2'620	401	11.8	11.7	0.004	11.1	10.9	0.186	2.56	1.97	0.585
11.012	Kunststeinplatte zementgebunden, 10 mm	21.5	m ²	4'940	4'390	554	0.693	0.654	0.038	8.53	7.44	1.09	5.04	4.85	0.194
11.013	Laminat, 8,5 mm	8.5	m ²	10'300	10'000	248	38.4	38.4	0.005	44.7	44.4	0.286	8.47	8.38	0.088
11.014	Linoleum, 2,5 mm	2.9	m ²	10'800	10'400	378	19.3	19.3	0.004	26.9	26.7	0.270	6.36	5.90	0.462
11.015	Natursteinplatte geschliffen, 15 mm	40.5	m ²	32'000	31'000	1'040	16.4	16.3	0.072	137	135	2.05	16.2	15.8	0.366
11.018	Parkett 2-Schicht werkversiegelt, 11 mm	6.1	m ²	12'700	12'600	159	85.8	85.8	0.003	44.6	44.4	0.183	7.51	7.45	0.056
11.019	Parkett 3-Schicht werkversiegelt, 15 mm	7.9	m ²	17'100	16'800	216	148	148	0.004	45.7	45.4	0.250	8.24	8.16	0.077
11.020	Parkett Mosaik werkversiegelt, 8 mm	5.6	m ²	7'920	7'790	134	78.1	78.1	0.003	26.1	26.0	0.155	3.43	3.38	0.048
11.021	PVC homogen, 2 mm	3.1	m ²	12'400	9'350	3'050	2.17	1.99	0.181	57.5	55.2	2.32	13.4	8.12	5.24
11.022	Steinholz versiegelt, 16,5 mm	22	m ²	8'790	8'460	330	0.946	0.935	0.011	26.0	24.8	1.26	12.8	12.7	0.164
11.023	Synthetische thermoplastische Beläge (TPO), 2 mm	3.4	m ²	8'420	5'630	2'790	3.39	3.38	0.018	43.6	42.9	0.679	11.0	5.86	5.10
11.024	Teppich Kunstfaser getuftet	2.1	m ²	10'900	8'640	2'270	0.583	0.572	0.011	50.1	49.7	0.397	14.9	10.5	4.41
11.025	Teppich Nadelfilz	1.3	m ²	6'960	5'080	1'880	0.613	0.605	0.008	34.4	34.2	0.274	9.65	5.97	3.68
11.026	Teppich Naturfaser	2.7	m ²	9'640	8'930	710	10.8	10.8	0.006	15.7	15.5	0.241	4.41	3.26	1.16
11.027	Terrazzo versiegelt, 40 mm	95	m ²	18'800	18'500	339	3.51	3.51	0.007	44.6	43.8	0.808	17.8	17.6	0.135
12	Türen	-													
12.001	Aussentüre, Holz, aluminiumbeplankt	-	m ²	166'000	161'000	4'680	175	175	0.116	330	321	8.66	77.6	74.3	3.27
12.002	Aussentüre, Holz, Glaseinsatz	-	m ²	183'000	178'000	5'500	122	121	0.110	411	403	8.39	97.7	92.1	5.62
12.003	Innentüre, Holz	-	m ²	58'700	53'300	5'370	290	290	0.083	193	189	4.10	43.0	35.3	7.73
12.004	Innentüre, Holz, Glaseinsatz	-	m ²	87'800	77'200	10'600	245	245	0.300	308	287	20.5	69.0	57.4	11.6
13	Rohre	kg/m³													
13.001	Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)	1'050	kg	5'380	3'890	1'480	0.434	0.432	0.002	29.4	29.3	0.132	7.94	4.91	3.03
13.005	Gusseisen	7'850	kg	4'200	4'200	0	0.212	0.212	0	6.61	6.61	0	1.51	1.51	0
13.002	Polyethylen (PE)	960	kg	3'410	1'920	1'480	0.549	0.547	0.002	23.2	23.1	0.132	5.41	2.38	3.03
13.003	Polypropylen (PP)	910	kg	3'430	1'940	1'480	0.433	0.431	0.002	22.7	22.6	0.132	5.43	2.40	3.03
13.004	Polyvinylchlorid (PVC)	1'390	kg	4'400	3'220	1'180	0.645	0.559	0.086	19.5	18.5	1.03	4.42	2.38	2.04
14	Anstrichstoffe, Beschichtungen	kg/m²													
14.002	Anstrich, lösemittelverdünnt, 2 Anstriche	0.300	m ²	1'960	1'480	471	0.447	0.446	0.001	6.51	6.48	0.026	1.60	0.877	0.719
14.001	Anstrich, wasserverdünnt, 2 Anstriche	0.300	m ²	1'230	759	471	0.145	0.144	0.001	4.21	4.19	0.026	1.36	0.644	0.719
14.003	Bitumenemulsion, 1 Anstrich	0.250	m ²	626	331	295	0.017	0.015	0.002	1.93	1.88	0.054	0.706	0.113	0.593
14.004	Emaillieren, Metall	-	m ²	10'500	10'500	0	4.31	4.31	0	43.7	43.7	0	8.11	8.11	0
14.005	Pulverbeschichten, Aluminium	-	m ²	4'470	4'470	0	0.649	0.649	0	17.3	17.3	0	3.72	3.72	0
14.006	Pulverbeschichten, Stahl	-	m ²	4'740	4'740	0	0.775	0.775	0	22.1	22.1	0	4.50	4.50	0
14.007	Verchromen, Stahl	-	m ²	7'120	7'120	0	0.776	0.776	0	4.99	4.99	0	0.582	0.582	0
14.008	Verzinken, Stahl	-	m ²	41'100	41'100	0	2.63	2.63	0	25.9	25.9	0	6.01	6.01	0
15	Kunststoffe	kg/m³													
15.001	Plexiglas (PMMA, Acrylgas)	1'180	kg	9'050	7'570	1'480	0.373	0.371	0.002	40.1	40.0	0.132	11.7	8.68	3.03
15.002	Polyamid (PA) glasfaserverstärkt	1'360	kg	7'730	7'350	377	1.01	1.00	0.002	39.8	39.7	0.129	9.60	8.89	0.714
15.003	Polycarbonat (PC)	1'200	kg	8'240	6'760	1'480	0.431	0.429	0.002	31.7	31.6	0.132	11.5	8.49	3.03
15.004	Polyester (UP) glasfaserverstärkt	1'500	kg	9'200	8'180	1'030	1.52	1.52	0.005	31.6	31.4	0.193	8.85	6.87	1.98
15.005	Polystyrol (PS)	1'050	kg	4'070	2'580	1'480	0.099	0.097	0.002	24.5	24.4	0.132	6.68	3.64	3.03
21	Kücheneinbauten und -möbel	-													
21.001	Abfalltrennsystem	-	Stk.	19'600	15'800	3'770	18.0	18.0	0.006	114	113	0.343	23.7	16.0	7.68
21.002	Arbeitsplatte Chromstahl, high-end	-	m ²	742'000	742'000	0	469	469	0	1'330	1'330	0	323	323	0
21.003	Arbeitsplatte Chromstahl, Standard	-	m ²	112'000	111'000	1'130	35.6	35.6	0.012	204	203	0.752	50.2	48.6	1.57
21.004	Arbeitsplatte Kompositwerkstoff (auf Aluminiumhydroxidbasis)	-	m ²	86'600	76'400	10'200	6.02	5.99	0.027	360	359	1.54	94.0	77.1	16.9
21.005	Arbeitsplatte kunstharzbeschichtet	-	m ²	28'200	26'400	1'750	148	148	0.013	118	117	0.786	23.9	21.4	2.51
21.006	Arbeitsplatte Massivholz	-	m ²	35'900	35'300	634	252	252	0.013	84.1	83.3	0.804	11.9	11.7	0.237
21.007	Arbeitsplatte Naturstein	-	m ²	121'000	119'000	2'130	62.1	61.9	0.146	410	406	4.17	36.3	35.6	0.745
21.008	Dampfabzug	-	Stk.	295'000	287'000	8'630	71.4	71.4	0.031	616	615	1.39	149	132	17.1
21.009	Küche, Massivholz, 16-teilig	-	Stk.	1'030'000	982'000	45'200	3'820	3'820	0.361	2'370	2'350	22.3	481	409	71.8
21.010	Küche, Metall, 16-teilig	-	Stk.	5'610'000	5'600'000	15'200	540	540	0.062	10'500	10'500	2.65	2'250	2'220	29.6
21.011	Küche, Spanplatte, 16-teilig	-	Stk.	981'000	903'000	77'700	2'530	2'530	0.581	3'170	3'130	36.0	697	578	119
21.012	Spüle Chromstahl	-	Stk.	89'000	86'800	2'240	40.6	40.6	0.004	226	225	0.211	46.5	41.9	4.57
21.013	Spüle Kompositwerkstoff (auf Gesteinsmehlbasis)	-	Stk.	32'700	28'200	4'490	17.6	17.6	0.018	148	147	1.11	37.1	30.7	6.39

Ökobilanzdaten im Baubereich															
KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016															
ID- Nummer No d'identi- fication	GEBÄUDETECHNIK [Bibliographie B&H, BfU, treeze, version 2.2:2016]	Bezug Référence		UBP'13			Primärenergie Energie primaire						Treibhaus- gasemissionen Emissions de gaz à effet de serre		
		Grösse	Einheit / Unité	UBP			erneuerbar renouvelable			nicht erneuerbar non renouvelable					
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
				Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination	Total	Fabrication	Elimination
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
31	Heizungsanlagen														
31.001	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	EBF	m ²	1'200	1'190	10.6	0.236	0.236	0.000	2.28	2.26	0.018	0.512	0.501	0.011
31.002	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	EBF	m ²	3'590	3'560	31.8	0.708	0.707	0.001	6.83	6.78	0.054	1.53	1.50	0.033
31.003	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	EBF	m ²	5'990	5'930	53.0	1.18	1.18	0.002	11.4	11.3	0.091	2.56	2.50	0.055
31.021	Wärmeverteilung Wohngebäude	EBF	m ²	5'480	4'670	807	1.51	1.14	0.370	14.3	12.0	2.33	3.07	2.39	0.674
31.022	Wärmeverteilung Bürogebäude	EBF	m ²	15'000	13'900	1'090	2.68	2.25	0.433	32.7	29.9	2.79	7.62	6.56	1.06
31.023	Wärmeabgabe über Heizkörper	EBF	m ²	10'200	10'200	17.9	1.63	1.62	0.002	22.8	22.7	0.035	5.46	5.44	0.023
31.024	Wärmeabgabe über Fussbodenheizung	EBF	m ²	4'040	3'040	997	1.48	1.48	0.002	22.3	22.2	0.092	5.06	3.02	2.04
31.025	Wärmeabgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	EBF	m ²	39'400	39'400	70.4	4.47	4.47	0.002	26.4	26.3	0.031	5.77	5.64	0.134
31.015	Wärmeverteilung und Abgabe, Luftheizung	EBF	m ²	2'940	2'910	33.6	0.325	0.325	0.000	7.96	7.95	0.006	1.70	1.63	0.067
31.016	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	Sondenlänge	m	34'600	30'500	4'100	2.87	2.61	0.255	130	129	1.48	28.1	25.3	2.73
31.017	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Gerät	Stk.	4'220'000	3'860'000	367'000	506	503	3.82	5'520	5'480	45.2	2'180	1'470	706
31.018	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Masse	kg	22'500	20'600	1'960	2.70	2.68	0.020	29.5	29.2	0.241	11.6	7.86	3.77
31.019	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Gerät	Stk.	5'460'000	4'910'000	546'000	641	636	5.01	6'460	6'400	60.2	2'910	1'860	1'050
31.020	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Masse	kg	22'400	20'200	2'240	2.63	2.61	0.021	26.5	26.2	0.248	12.0	7.62	4.33
31.007	Flachkollektor für Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m ²	676'000	676'000	inkl.	142	142	inkl.	1'140	1'140	inkl.	256	256	inkl.
31.008	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m ²	452'000	452'000	inkl.	102	102	inkl.	824	824	inkl.	184	184	inkl.
31.009	Flachkollektor für Warmwasser MFH	Kollektorfläche	m ²	394'000	394'000	inkl.	79.0	79.0	inkl.	695	695	inkl.	155	155	inkl.
31.010	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m ²	465'000	465'000	inkl.	101	101	inkl.	924	924	inkl.	208	208	inkl.
32	Lüftungsanlagen														
32.011	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 1 m ³ /hm ² EBF	EBF	m ²	31'700	31'400	222	4.35	4.35	0.007	54.5	54.3	0.208	12.7	12.3	0.345
32.005	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 2 m ³ /hm ² EBF	EBF	m ²	42'700	42'400	311	5.85	5.84	0.009	73.6	73.3	0.287	17.1	16.6	0.485
32.006	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 4 m ³ /hm ² EBF	EBF	m ²	64'800	64'300	488	8.84	8.83	0.015	112	111	0.444	25.9	25.2	0.763
32.007	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 6 m ³ /hm ² EBF	EBF	m ²	86'900	86'200	666	11.8	11.8	0.020	150	149	0.601	34.8	33.7	1.04
32.012	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 8 m ³ /hm ² EBF	EBF	m ²	109'000	108'000	843	14.8	14.8	0.025	188	187	0.758	43.6	42.3	1.32
32.001	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	EBF	m ²	45'200	45'000	182	3.99	3.99	0.004	53.3	53.2	0.083	12.0	11.7	0.299
32.002	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	EBF	m ²	22'000	21'600	371	2.36	2.36	0.003	32.7	32.6	0.074	7.32	6.60	0.724
32.003	Abluftanlage Küche und Bad	EBF	m ²	13'300	13'300	65.7	0.981	0.980	0.000	15.1	15.1	0.017	3.40	3.28	0.126
32.004	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	EBF	m ²	4'550	3'220	1'330	0.554	0.502	0.052	16.1	14.8	1.28	4.55	2.92	1.63
32.008	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m ² EBF)	EBF	m ²	7'890	5'590	2'300	0.960	0.870	0.090	27.9	25.7	2.22	7.89	5.06	2.82
32.009	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m ² EBF)	EBF	m ²	19'700	14'000	5'760	2.40	2.18	0.224	69.7	64.2	5.54	19.7	12.7	7.05
32.010	Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	Gerät	Stk.	63'200	59'900	3'260	109	109	0.076	220	218	1.41	43.5	38.0	5.48
33	Sanitäranlagen														
33.001	Sanitäranlagen, Büro, einfach, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m ²	6'980	6'390	587	1.20	1.19	0.005	19.6	19.4	0.137	4.48	3.33	1.15
33.002	Sanitäranlagen, Büro, aufwändig, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m ²	18'600	16'700	1'950	3.37	3.35	0.015	46.6	46.2	0.478	11.8	8.05	3.76
33.003	Sanitäranlagen, Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m ²	24'100	23'200	833	3.85	3.83	0.019	48.6	48.2	0.337	11.4	9.81	1.55
34	Elektroanlagen														
34.001	Elektroanlagen Wohnen	EBF	m ²	47'200	45'400	1'820	4.85	4.79	0.058	55.4	54.6	0.757	12.7	9.30	3.40
34.002	Elektroanlagen Büro	EBF	m ²	117'000	116'000	900	76.2	76.1	0.048	114	113	0.832	23.8	22.4	1.45
34.024	Solarstromanlage	Max. Leistung	kWp	3'170'000	3'170'000	inkl.	905	905	inkl.	7'390	7'390	inkl.	2'080	2'080	inkl.
34.025	Solarstromanlage Schrägdach	Max. Leistung	kWp	3'190'000	3'190'000	inkl.	897	897	inkl.	7'290	7'290	inkl.	2'030	2'030	inkl.
34.026	Solarstromanlage Flachdach	Max. Leistung	kWp	3'070'000	3'070'000	inkl.	959	959	inkl.	8'020	8'020	inkl.	2'320	2'320	inkl.
34.027	Solarstromanlage Fassade	Max. Leistung	kWp	3'170'000	3'170'000	inkl.	905	905	inkl.	7'460	7'460	inkl.	2'140	2'140	inkl.

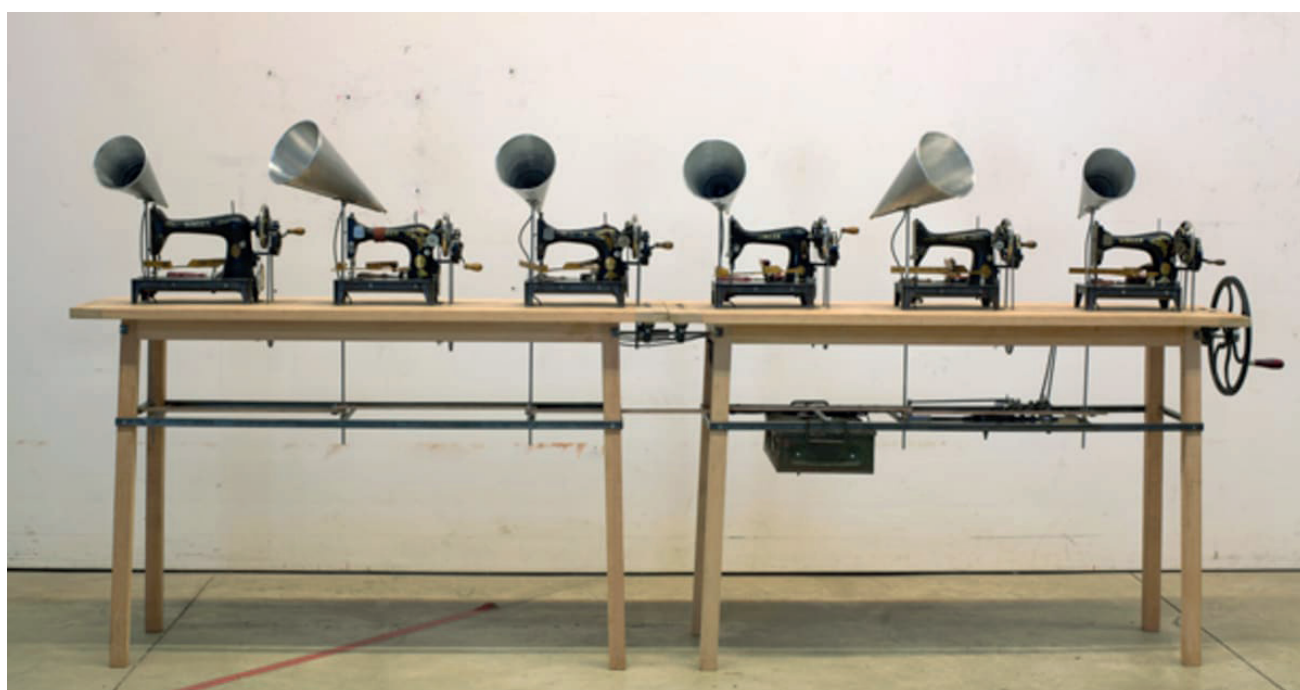
Ökobilanzdaten im Baubereich				KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016			
ID- Nummer No d'identification	ENERGIE [Bibliographie treeze, version 2.2:2016]	Bezug Référence		UBP'13 UBP	Primärenergie Energie primaire		Treibhausgas- emissionen Emissions de gaz à effet de serre kg CO ₂ -eq
		Grösse	Einheit Unité		erneuerbar renouvelable kWh oil-eq	nicht erneuerbar non renouvelable kWh oil-eq	
41	Brennstoffe¹						
41.001	Heizöl EL	Endenergie	kWh	234	0.009	1.23	0.301
41.002	Erdgas	Endenergie	kWh	137	0.004	1.06	0.228
41.003	Propan/Butan	Endenergie	kWh	200	0.008	1.15	0.273
41.004	Kohle Koks	Endenergie	kWh	477	0.013	1.45	0.439
41.005	Kohle Brikett	Endenergie	kWh	456	0.008	1.20	0.399
41.006	Stückholz	Endenergie	kWh	93.1	0.994	0.116	0.027
41.010	Stückholz mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	88.2	0.994	0.119	0.028
41.007	Holzschnitzel	Endenergie	kWh	80.8	1.05	0.063	0.011
41.011	Holzschnitzel mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	73.7	1.05	0.065	0.011
41.008	Pellets	Endenergie	kWh	81.1	1.04	0.157	0.027
41.012	Pellets mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	76.8	1.04	0.160	0.027
41.009	Biogas	Endenergie	kWh	109	0.032	0.299	0.130
42	Fernwärme						
42.001	Heizzentrale Oel	Endenergie	kWh	341	0.016	1.68	0.408
42.002	Heizzentrale Gas	Endenergie	kWh	194	0.015	1.51	0.314
42.003	Heizzentrale Holz	Endenergie	kWh	120	1.58	0.143	0.050
42.004	Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	102	1.33	0.128	0.042
42.005	Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	Endenergie	kWh	186	0.991	1.14	0.078
42.006	Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	Endenergie	kWh	124	0.172	0.894	0.041
42.007	Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	Endenergie	kWh	155	1.03	0.963	0.062
42.008	Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	Endenergie	kWh	139	1.05	0.849	0.057
42.009	Heizzentrale Geothermie	Endenergie	kWh	67.3	1.36	0.162	0.021
42.010	Heizkraftwerk Geothermie	Endenergie	kWh	47.6	0.465	0.125	0.015
42.011	Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	7.31	0.009	0.050	0.003
42.012	Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	120	0.012	0.617	0.145
42.013	Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	84.0	0.011	0.596	0.127
42.014	Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	72.9	0.026	0.207	0.079
42.015	Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	28.2	0.014	0.067	0.021
42.016	Fernwärme Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	92.9	0.326	0.549	0.108
42.017	Fernwärme mit Nutzung Kehrichtwärme, Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	75.5	0.264	0.452	0.089
43	Nutzwärme						
43.001	Heizkessel Heizöl EL	Nutzwärme ²	kWh	251	0.007	1.30	0.322
43.002	Heizkessel Erdgas	Nutzwärme ²	kWh	151	0.005	1.16	0.249
43.003	Heizkessel Propan / Butan	Nutzwärme ²	kWh	219	0.010	1.26	0.296
43.004	Heizkessel Kohle Koks	Nutzwärme ²	kWh	708	0.020	2.03	0.649
43.005	Heizkessel Kohle Brikett	Nutzwärme ²	kWh	676	0.013	1.52	0.590
43.006	Heizkessel Stückholz	Nutzwärme ²	kWh	152	1.58	0.194	0.045
43.010	Heizkessel Stückholz mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	144	1.58	0.198	0.046
43.007	Heizkessel Holzschnitzel	Nutzwärme ²	kWh	116	1.42	0.097	0.020
43.011	Heizkessel Holzschnitzel mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	106	1.42	0.100	0.020
43.008	Heizkessel Pellets	Nutzwärme ²	kWh	108	1.32	0.210	0.038
43.012	Heizkessel Pellets mit Partikelfilter	Nutzwärme ²	kWh	103	1.32	0.213	0.038
43.009	Heizkessel Biogas	Nutzwärme ²	kWh	121	0.035	0.330	0.142

Ökobilanzdaten im Baubereich							
KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016							
ID- Nummer No d'identification	ENERGIE [Bibliographie treeze, version 2.2:2016]	Bezug Référence		UBP ¹³ UBP	Primärenergie Energie primaire		Treibhausgas- emissionen Emissions de gaz à effet de serre kg CO ₂ -eq
		Grösse	Einheit Unité		erneuerbar renouvelable kWh oil-eq	nicht erneuerbar non renouvelable kWh oil-eq	
44	Nutzwärme am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien						
44.001	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (JAZ 2.8)	Nutzwärme ²	kWh	149	0.818	0.908	0.063
44.002	Elektrowärmepumpe Erdsonden (JAZ 3.9)	Nutzwärme ²	kWh	110	0.870	0.665	0.046
44.003	Elektrowärmepumpe Grundwasser (JAZ 3.4)	Nutzwärme ²	kWh	123	0.850	0.760	0.049
44.004	Flachkollektor für Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	102	1.33	0.275	0.037
44.005	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	90.0	1.61	0.221	0.034
44.006	Flachkollektor für Warmwasser MFH	Nutzwärme ²	kWh	40.7	1.14	0.086	0.014
44.007	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme ²	kWh	76.5	1.54	0.193	0.031
44.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Nutzwärme ²	kWh	70.5	0.002	0.502	0.111
	¹ Oberer Heizwert ² inkl. Verteilverluste (Wärme am Ausgang Wärmeerzeuger)						
45	Elektrizität vom Netz						
45.001	Atomkraftwerk	Endenergie	kWh	453	0.005	4.21	0.023
45.002	Erdgaskombikraftwerk GuD	Endenergie	kWh	308	0.006	2.22	0.466
45.023	Braunkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	793	0.012	3.94	1.36
45.003	Steinkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	768	0.033	3.91	1.24
45.004	Kraftwerk Schweröl	Endenergie	kWh	1'090	0.013	3.82	1.01
45.005	Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	32.0	0.002	0.016	0.007
45.006	Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	295	3.64	0.240	0.118
45.007	Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	677	0.014	3.27	0.823
45.008	Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	440	0.008	2.94	0.669
45.009	Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	374	0.088	0.827	0.403
45.010	Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	230	0.042	0.152	0.177
45.011	Photovoltaik	Endenergie	kWh	174	1.22	0.334	0.096
45.012	Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	169	1.22	0.318	0.091
45.013	Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	156	1.22	0.324	0.096
45.014	Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	225	1.24	0.461	0.135
45.015	Windkraft	Endenergie	kWh	74.0	1.20	0.094	0.026
45.016	Wasserkraft	Endenergie	kWh	43.8	1.17	0.029	0.012
45.017	Pumpspeicherung	Endenergie	kWh	451	0.631	3.26	0.139
45.018	Heizkraftwerk Geothermie	Endenergie	kWh	103	3.17	0.191	0.031
45.019	CH-Produktionsmix	Endenergie	kWh	229	0.657	1.85	0.027
45.022	Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	Endenergie	kWh	47.8	1.17	0.036	0.015
45.020	CH-Verbrauchermix ³	Endenergie	kWh	347	0.488	2.52	0.102
45.021	ENTSO-E-Mix (ehemals UCTE-Mix)	Endenergie	kWh	548	0.299	2.89	0.524
	³ ohne Stromprodukte aus erneuerbaren Energien						
46	Elektrizität am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien						
46.001	Photovoltaik	Endenergie	kWh	129	1.11	0.289	0.081
46.002	Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	124	1.11	0.275	0.077
46.003	Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	112	1.11	0.280	0.081
46.004	Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	175	1.12	0.402	0.115
46.005	Windkraft	Endenergie	kWh	38.1	1.09	0.071	0.017
46.006	Biogas	Endenergie	kWh	309	0.077	0.733	0.358
46.007	Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	179	0.036	0.124	0.155
46.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Endenergie	kWh	447	0.007	3.39	0.749

Ökobilanzdaten im Baubereich				KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016																Don			
ID-Nummer No d'identification	TRANSPORTE [Bibliographie treeze, v2.2:2016]	Bezug		UBP'13				Primärenergie Energie primaire								Treibhausgas-emissionen Emissions de gaz à effet de serre							
		Grösse	Einheit / Unité	UBP				erneuerbar renouvelable				nicht erneuerbar non renouvelable											
				Total	Betrieb	Fahrzeug	Infrastruktur	Total	Betrieb	Fahrzeug	Infrastruktur	Total	Betrieb	Fahrzeug	Infrastruktur	Total	Betrieb	Fahrzeug	Infrastruktur				
				UBP	UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq				
61	Treibstoffe																						
61.003	Benzin in Personenwagen	Endenergie	kWh	309	309			0.004	0.004			1.27	1.27			0.320	0.320						
61.009	Benzin in Scooter	Endenergie	kWh	886	886			0.004	0.004			1.27	1.27			0.384	0.384						
61.005	Biogas in Personenwagen	Endenergie	kWh	161	161			0.037	0.037			0.310	0.310			0.115	0.115						
61.001	Diesel in Baumaschine	Endenergie	kWh	357	357			0.003	0.003			1.24	1.24			0.310	0.310						
61.002	Diesel in Lastwagen	Endenergie	kWh	400	400			0.003	0.003			1.22	1.22			0.307	0.307						
61.004	Diesel in Personenwagen	Endenergie	kWh	292	292			0.003	0.003			1.21	1.21			0.304	0.304						
61.006	Erdgas in Personenwagen	Endenergie	kWh	200	200			0.009	0.009			1.12	1.12			0.230	0.230						
61.007	Kerosin in Flugzeug	Endenergie	kWh	322	322			0.003	0.003			1.20	1.20			0.300	0.300						
61.008	Strom in Personenwagen	Endenergie	kWh	438	438			0.488	0.488			2.52	2.52			0.102	0.102						
62	Güter-Transporte																						
62.001	Aushub maschinell, Durchschnitt	Aushubvolumen	m³	489	426	62.3		0.013	0.004	0.009		1.67	1.48	0.185		0.412	0.371	0.041					
62.014	Aushub maschinell, mit PF	Aushubvolumen	m³	489	426	62.3		0.013	0.004	0.009		1.67	1.48	0.185		0.412	0.371	0.041					
62.015	Aushub maschinell, ohne PF	Aushubvolumen	m³	494	432	62.3		0.013	0.004	0.009		1.62	1.44	0.185		0.401	0.360	0.041					
62.002	Binnenschiff	Transportleistung	tkm	61.8	48.0	2.01	11.8	0.003	0.000	0.000	0.002	0.180	0.144	0.005	0.031	0.047	0.037	0.001	0.010				
62.011	Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	1'250	1'210	2.43	39.0	0.026	0.012	0.001	0.014	4.73	4.52	0.010	0.194	1.17	1.13	0.002	0.038				
62.012	Flugzeug, Europa	Transportleistung	tkm	2'330	1'840	2.27	486	0.188	0.018	0.001	0.169	9.33	6.90	0.010	2.41	2.20	1.72	0.002	0.474				
62.013	Flugzeug, Interkontinental	Transportleistung	tkm	1'190	1'180	1.91	13.5	0.017	0.011	0.001	0.005	4.46	4.39	0.008	0.067	1.11	1.09	0.002	0.013				
62.003	Güterzug	Transportleistung	tkm	51.3	32.8	7.66	10.8	0.073	0.068	0.002	0.003	0.152	0.102	0.022	0.029	0.014	0.003	0.005	0.005				
62.004	Helikopter	Einsatzzeit	h	91'000	90'600	484		1.28	1.02	0.261		404	402	1.50		100.0	99.7	0.327					
62.005	Hochseeschiff	Transportleistung	tkm	18.3	16.5	0.370	1.44	0.001	0.000	0.000	0.001	0.046	0.038	0.001	0.008	0.011	0.009	0.000	0.001				
62.006	Hochseetanker	Transportleistung	tkm	35.2	34.1	0.251	0.819	0.001	0.000	0.000	0.000	0.025	0.020	0.001	0.004	0.006	0.005	0.000	0.001				
62.007	Kleintransporter (<3.5 t)	Transportleistung	tkm	1'790	1'290	306	193	0.203	0.015	0.082	0.106	6.97	5.02	0.979	0.976	1.52	1.26	0.179	0.080				
62.016	Lastwagen, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	192	145	18.6	27.7	0.009	0.001	0.003	0.005	0.622	0.439	0.065	0.118	0.135	0.110	0.011	0.013				
62.017	Lastwagen 3.5t-7.5 t	Transportleistung	tkm	794	621	91.9	80.9	0.052	0.004	0.016	0.032	2.40	1.69	0.328	0.381	0.518	0.426	0.056	0.036				
62.009	Lastwagen 7.5-16 t	Transportleistung	tkm	304	238	27.5	38.4	0.017	0.002	0.005	0.011	0.999	0.730	0.098	0.171	0.218	0.184	0.017	0.018				
62.008	Lastwagen 16-32 t	Transportleistung	tkm	251	198	22.4	30.2	0.012	0.002	0.004	0.007	0.783	0.575	0.078	0.131	0.171	0.144	0.013	0.014				
62.010	Lastwagen 32-40 t	Transportleistung	tkm	153	112	15.8	25.7	0.007	0.001	0.002	0.004	0.514	0.349	0.056	0.108	0.110	0.088	0.009	0.012				
63	Personen-Transporte																						
63.003	Autobus	Transportleistung	pkm	148	131	6.46	10.8	0.007	0.001	0.003	0.003	0.454	0.380	0.027	0.047	0.104	0.095	0.004	0.005				
63.001	Fernreisezug Schweiz	Transportleistung	pkm	30.7	18.2	0.866	11.6	0.063	0.059	0.000	0.004	0.114	0.079	0.003	0.031	0.006	0.001	0.001	0.005				
63.002	Fernreisezug Deutschland, ICE	Transportleistung	pkm	63.5	47.5	1.94	14.1	0.018	0.017	0.000	0.001	0.271	0.240	0.006	0.025	0.062	0.054	0.001	0.007				
63.004	Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	pkm	158	139	0.458	17.8	0.008	0.001	0.000	0.006	0.612	0.521	0.002	0.089	0.148	0.130	0.000	0.017				
63.005	Flugzeug, Europa	Transportleistung	pkm	233	184	0.544	48.6	0.019	0.002	0.000	0.017	0.934	0.690	0.002	0.241	0.220	0.172	0.001	0.047				
63.006	Flugzeug, Interkontinental	Transportleistung	pkm	121	118	0.189	2.83	0.002	0.001	0.000	0.001	0.454	0.439	0.001	0.014	0.112	0.109	0.000	0.003				
63.007	Personenwagen, Durchschnitt	Transportleistung	pkm	217	160	35.5	21.3	0.026	0.002	0.007	0.017	0.893	0.660	0.115	0.119	0.195	0.166	0.021	0.008				
63.008	Personenwagen, Benzin	Transportleistung	pkm	221	164	35.5	21.3	0.026	0.002	0.007	0.017	0.909	0.675	0.115	0.119	0.199	0.170	0.021	0.008				
63.014	Personenwagen, Biogas	Transportleistung	pkm	154	95.3	35.6	23.5	0.048	0.022	0.007	0.019	0.430	0.184	0.115	0.131	0.098	0.068	0.022	0.009				
63.009	Personenwagen, Diesel	Transportleistung	pkm	198	141	35.5	21.3	0.026	0.002	0.007	0.017	0.816	0.583	0.115	0.119	0.176	0.147	0.021	0.008				
63.016	Personenwagen, elektrisch	Transportleistung	pkm	163	54.8	82.1	26.2	0.095	0.061	0.013	0.021	0.643	0.315	0.182	0.146	0.058	0.013	0.036	0.010				
63.015	Personenwagen, Erdgas	Transportleistung	pkm	172	113	35.6	23.5	0.031	0.005	0.007	0.019	0.881	0.634	0.115	0.131	0.160	0.130	0.022	0.009				
63.010	Regionalzug	Transportleistung	pkm	51.7	32.6	2.90	16.3	0.136	0.130	0.001	0.005	0.223	0.174	0.006	0.043	0.010	0.002	0.001	0.007				
63.011	Reisebus	Transportleistung	pkm	76.7	64.9	4.32	7.45	0.004	0.000	0.002	0.002	0.233	0.183	0.018	0.033	0.052	0.046	0.002	0.003				
63.017	Scooter, Benzin	Transportleistung	pkm	271	254	15.1	1.71	0.005	0.001	0.003	0.000	0.429	0.365	0.057	0.007	0.122	0.110	0.011	0.001				
63.012	Tram	Transportleistung	pkm	55.5	29.5	4.35	21.7	0.049	0.041	0.002	0.006	0.289	0.212	0.015	0.061	0.023	0.008	0.002	0.012				
63.013	Trolleybus	Transportleistung	pkm	55.3	38.3	4.55	12.5	0.059	0.054	0.002	0.003	0.350	0.277	0.019	0.054	0.020	0.012	0.003	0.006				

Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2016																D
ID- Nummer No d'identi- fication	TRANSPORTE [Bibliographie treeze, v2.2:2016]	Bezug		UBP'13				Primärenergie Energie primaire								Treibhausgas- emissionen			
		Grösse						UBP				erneuerbar renouvelable				nicht erneuerbar non renouvelable			
				Total Total	Betrieb Exploitation	Fahrzeug Véhicule	Infrastruktur Infrastructure	Total Total	Betrieb Exploitation	Fahrzeug Véhicule	Infrastruktur Infrastructure	Total Total	Betrieb Exploitation	Fahrzeug Véhicule	Infrastruktur Infrastructure	Total Total	Betrieb Exploitation	Fahrzeug Véhicule	Infrastruktur Infrastructure
		Einheit / Unité		UBP	UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq	kg CO ₂ -eq
64	Personen-Transporte																		
64.003	Autobus	Fahrleistung	km	2'070	1'830	90.4	152	0.097	0.014	0.048	0.035	6.36	5.33	0.373	0.663	1.46	1.34	0.050	0.071
64.001	Fernreisezug Schweiz	Fahrleistung	km	12'000	7'130	340	4'560	24.8	23.3	0.158	1.37	44.6	31.1	1.33	12.2	2.53	0.281	0.219	2.03
64.002	Fernreisezug Deutschland, ICE	Fahrleistung	km	19'600	14'700	601	4'360	5.56	5.11	0.138	0.317	83.8	74.0	1.95	7.81	19.2	16.7	0.403	2.17
64.004	Flugzeug, Durchschnitt	Fahrleistung	km	44'000	38'900	128	4'980	2.15	0.370	0.050	1.73	171	145	0.545	24.7	41.2	36.2	0.118	4.86
64.005	Flugzeug, Europa	Fahrleistung	km	15'200	12'000	35.4	3'160	1.23	0.114	0.013	1.10	60.7	44.9	0.152	15.7	14.3	11.2	0.033	3.08
64.006	Flugzeug, Interkontinental	Fahrleistung	km	38'600	37'600	60.6	906	0.695	0.357	0.023	0.315	145	140	0.259	4.50	35.9	35.0	0.056	0.884
64.007	Personenwagen, Durchschnitt	Fahrleistung	km	347	256	56.7	34.0	0.042	0.003	0.012	0.027	1.43	1.06	0.183	0.190	0.313	0.266	0.034	0.013
64.008	Personenwagen, Benzin	Fahrleistung	km	353	262	56.7	34.0	0.042	0.004	0.012	0.027	1.45	1.08	0.183	0.190	0.319	0.272	0.034	0.013
64.014	Personenwagen, Biogas	Fahrleistung	km	247	152	57.0	37.6	0.077	0.035	0.012	0.030	0.688	0.294	0.185	0.210	0.157	0.109	0.035	0.014
64.009	Personenwagen, Diesel	Fahrleistung	km	316	226	56.7	34.0	0.041	0.002	0.012	0.027	1.31	0.933	0.183	0.190	0.281	0.235	0.034	0.013
64.016	Personenwagen, elektrisch	Fahrleistung	km	261	87.6	131	41.9	0.151	0.098	0.020	0.034	1.03	0.503	0.292	0.234	0.093	0.020	0.058	0.016
64.015	Personenwagen, Erdgas	Fahrleistung	km	275	180	57.0	37.6	0.050	0.008	0.012	0.030	1.41	1.02	0.185	0.210	0.256	0.207	0.035	0.014
64.010	Regionalzug	Fahrleistung	km	2'380	1'500	134	750	6.28	5.99	0.059	0.226	10.3	8.01	0.280	2.00	0.456	0.073	0.050	0.333
64.011	Reisebus	Fahrleistung	km	1'610	1'360	90.8	156	0.094	0.010	0.048	0.036	4.90	3.84	0.373	0.682	1.09	0.965	0.051	0.073
64.017	Scooter, Benzin	Fahrleistung	km	298	280	16.6	1.88	0.005	0.001	0.004	0.000	0.471	0.402	0.062	0.008	0.135	0.121	0.012	0.001
64.012	Tram	Fahrleistung	km	2'940	1'560	230	1'150	2.57	2.18	0.095	0.294	15.3	11.2	0.807	3.23	1.20	0.445	0.107	0.650
64.013	Trolleybus	Fahrleistung	km	1'440	996	118	324	1.53	1.40	0.063	0.073	9.10	7.20	0.488	1.41	0.518	0.301	0.065	0.152

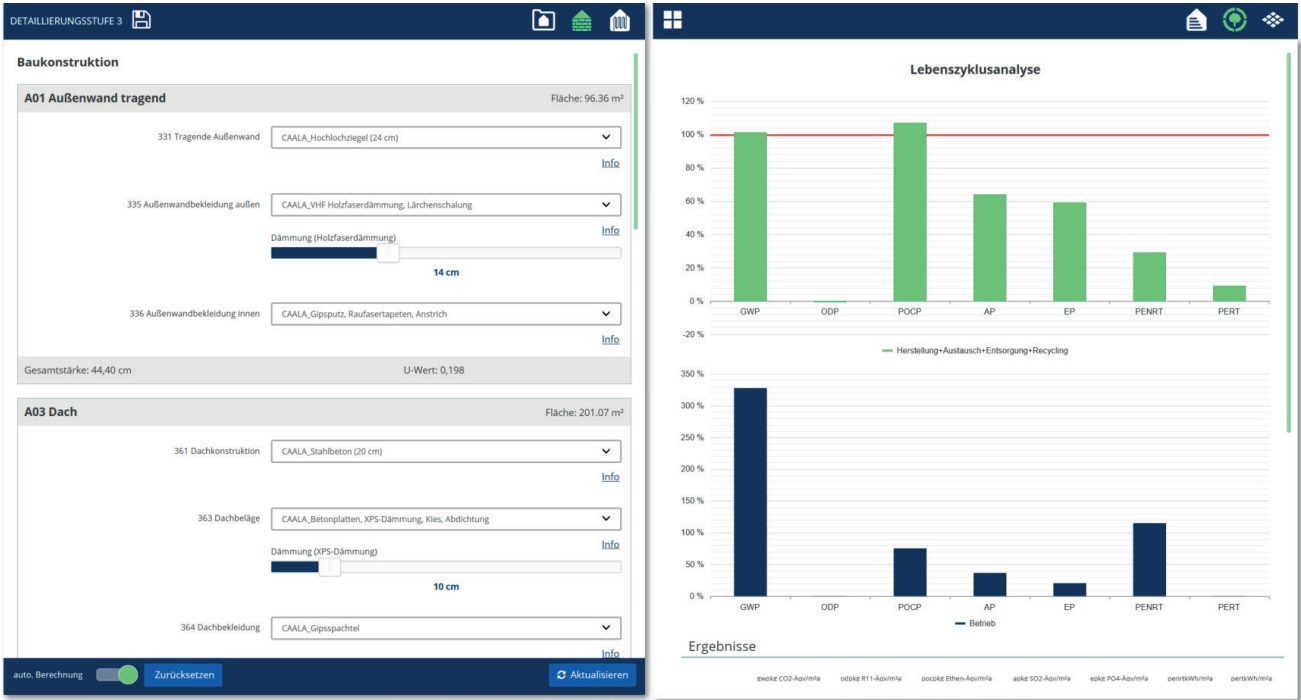
vollständige Listen unter:
https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html



Untitled (Singer Choir/ Chorus), William Kentridge, 2013

PLANUNGSWERKZEUGE (TOOLS UND LINKS)

CAALA



„https://caala.de/blog/alpha-version-0-97“, Aufruf von August 2021

SIA 2040

Rechenhilfe SIA 2040: Vorstudie / Vorprojekt (mac-fähige Version zu Schulungszwecken)

Auswertung

Projektinformation	0		
Objekteingaben	Geschossfläche GF	1 m2	Zone 1 Wohnen
	Energiebezugsfläche EBF	1 m2	Zone 2 ...
			Zone 3 ...

Gebäude	Neubau/Umbau	Primärenergie nicht erneuerbar		Treibhausgas-emissionen	
		kWh/m²		kg/m²	
		Richtwert	Projektwert	Richtwert	Projektwert
	Erstellung	30	13	9.0	3.3
	Betrieb	60	30	3.0	1.5
	Mobilität	30	4	4.0	0.7
Zielwert	Projektwert	120	47	16.0	5.6
Zusatzanforderung		90	43	12.0	4.9

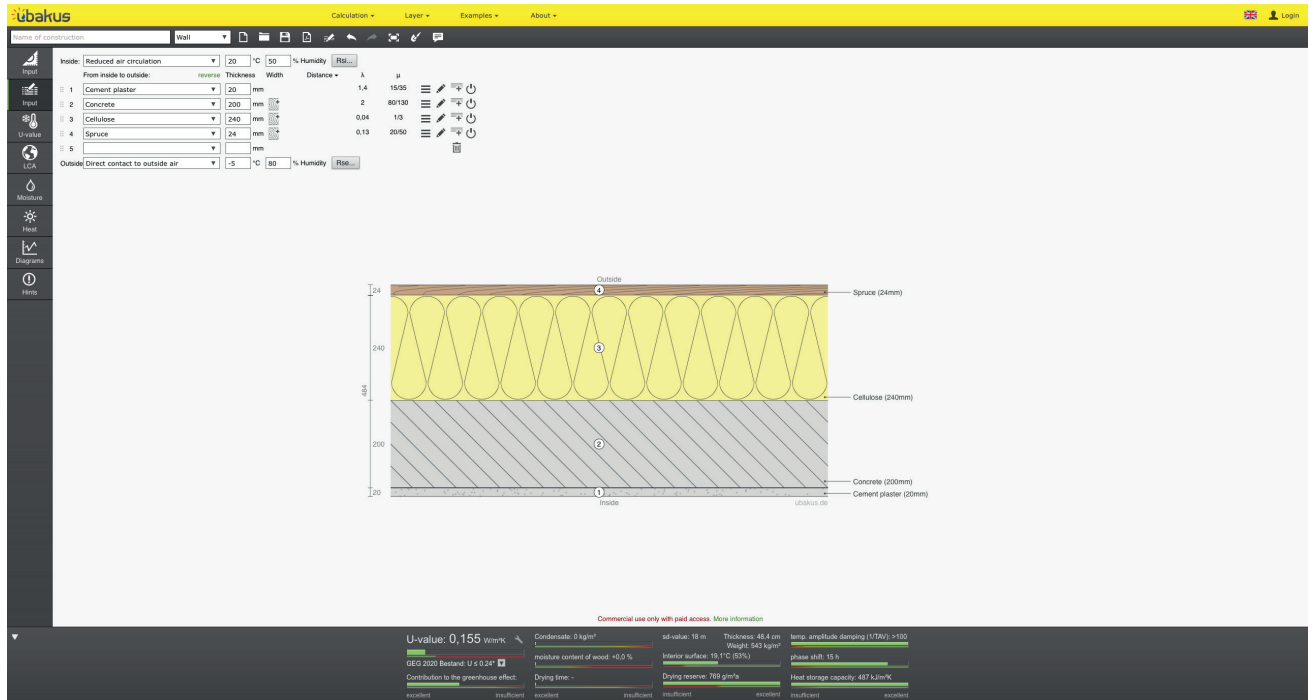
Primärenergie gesamt (inkl. erneuerbare)	
kWh/m²	
Richtwert	Projektwert
35	14
140	43
35	4
210	61
175	57

Informativ: Nur für den Zusammenhang zur Methodik der 2000-Watt-Gesellschaft relevant. Vgl. Anhang C, SIA 2040

Ihr Projekt ist auf gutem Weg die Vorgaben des SIA-Effizienzpfad Energie zu erfüllen.

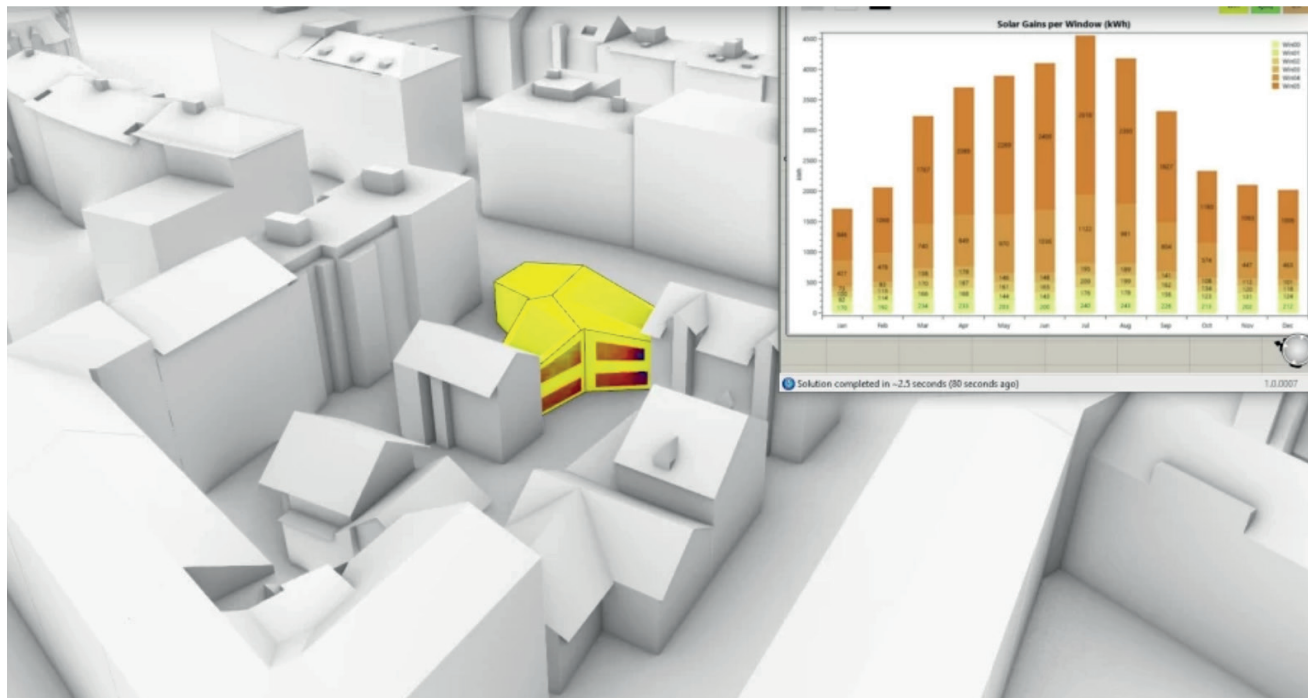
„https://www.energytools.ch“, Aufruf von August 2021, Bild: ©Preisig-Pfäffli, 2006 Zürich

Ubakus



„<https://www.ubakus.com>“, Aufruf von Juli 2021

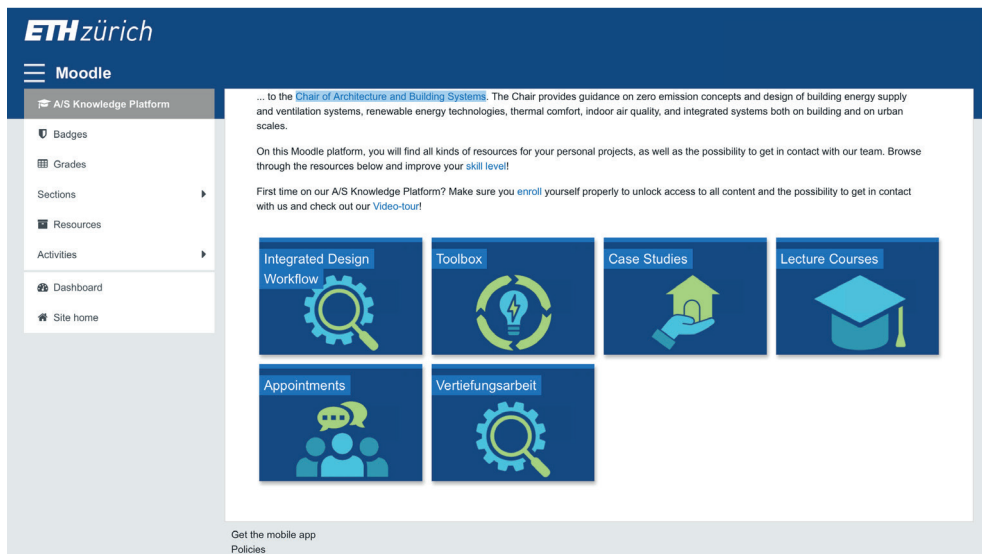
Hive



„<https://systems.arch.ethz.ch/demonstrators/hive>“, Aufruf von August 2021

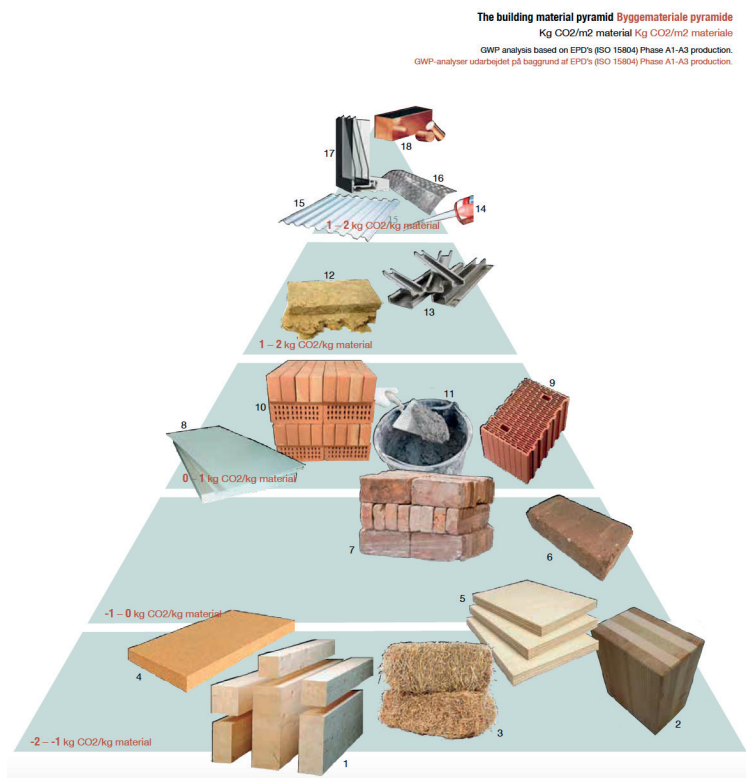
A/S Knowledge Platform

Chair of Architecture and Building Systems ETHZ



Moodle Board der Professur für Architecture and Building Systems, Prof.Dr. Arno Schlüter:
<https://moodle-app2.let.ethz.ch/course/view.php?id=11917>.

Materialpyramide



Bemerkung:

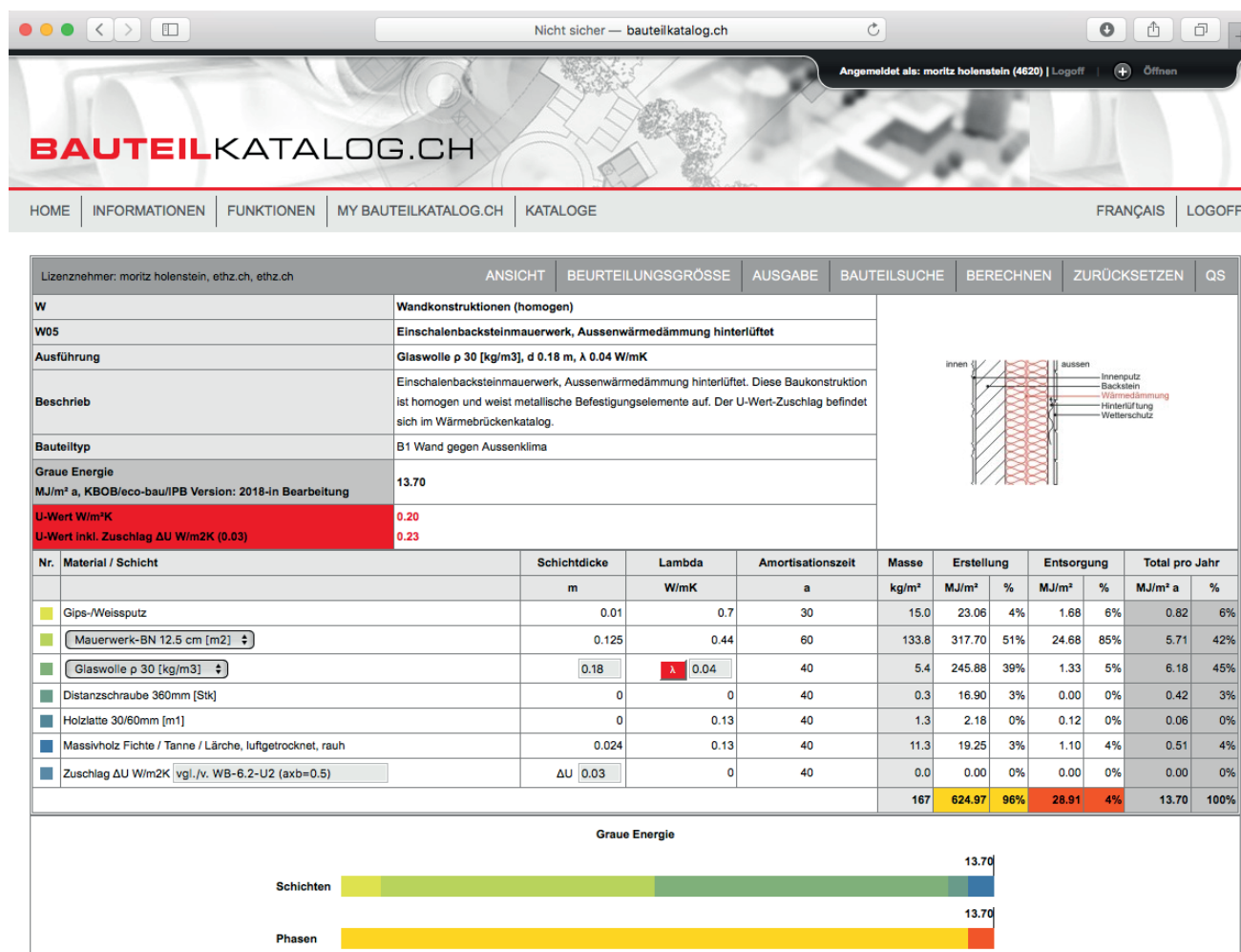
Holz kann nicht grundsätzlich, wie hier dargestellt, als CO₂-Senke gehandhabt werden. Nur bei Konstruktionsholz ist diese Betrachtungsweise plausibel, Holzwerkstoffe haben gerade im Innenausbau kürzere Lebenszyklen. KBOB-Liste beachten.

CO₂-Emissionsrechner: „<https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html>“

Materialpyramide, aus Circular Construction Materials Architecture Tectonics, Anne Beim, S. 31
 „<https://www.materialepyramiden.dk>“

Bauteilkatalog

Auszug auf den folgenden Seiten

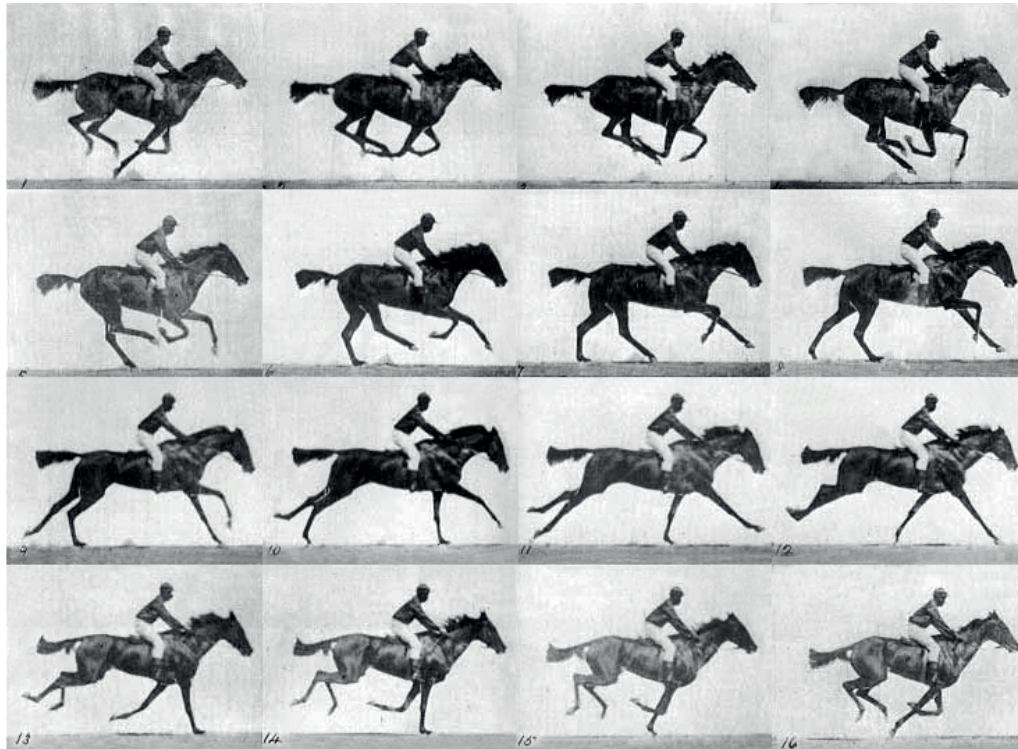


Eigene Logindaten können auf der Website „www.bauteilkatalog.ch“ unter dem Reiter „Anmeldung“ angefordert werden.

„www.bauteilkatalog.ch“, Aufruf von August 2019

Weitere Links und Rechner:

<https://www.wwf.ch/de/nachhaltig-leben/footprintrechner>
<https://www.atmosfair.de/de/standards/emissionsberechnung/>
<https://www.atmosfair.de/de/kompensieren/flug/>
<https://www.myclimate.org/de/>



Annie G. galloping, fotografische Bewegungsstudie von Eadweard Muybridge, 1878



Fett Stuhl, Joseph Beuys, 1964

LEISTUNG UND ENERGIE

Kennwerte

LEISTUNG

Die Leistung als physikalische Größe bezeichnet die in einer Zeitspanne umgesetzte Energie bezogen auf diese Zeitspanne. Ihr Formelzeichen ist meist P (von englisch power), ihre SI-Einheit das Watt mit dem Einheitenzeichen W .

Das Watt ist die im internationalen Einheitensystem (SI) verwendete Maßeinheit für die Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne). Sie wurde nach dem schottischen Wissenschaftler und Ingenieur James Watt benannt.

Das Watt ist eine abgeleitete Einheit. Sie lässt sich aus den Basiseinheiten Kilogramm (kg), Meter (m) und Sekunde (s) ableiten:

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$$

Im physikalisch-technischen Zusammenhang wird der Begriff Leistung in verschiedenen Bedeutungen verwendet:

1. als installierte oder maximal mögliche Leistung (Kennzeichen eines Gerätes oder einer Anlage; auch Nennleistung genannt)
2. als tatsächliche Leistung in einer Anwendung, entweder als die zugeführte Leistung oder die im Sinne der Aufgabenstellung abgegebene Leistung.

Die Leistungsaufnahme und die für eine bestimmte Anwendung nutzbringende Leistungsabgabe können je nach Wirkungsgrad bzw. Abwärme erheblich voneinander abweichen.

Watt – W

1,5 W – Leistung des menschlichen Herzens

1,5 W – Durchschnittliche Leistung eines Handys.

70-90 W – Leistung, die der Mensch während des Schlafens erbringt, um seine Körperfunktion aufrecht zu erhalten (Grundumsatz)

100-130 W – Leistung eines Menschen bei der Büroarbeit.

Kilowatt – kW

1 Kilowatt = 1000 Watt

1,367 kW – bei mittlerem Abstand Erde–Sonne ohne den Einfluss der Atmosphäre senkrecht zur Strahlrichtung empfangene Strahlungsleistung von der Sonne auf einem Quadratmeter Oberfläche (Solarkonstante)

2 bis 3,5 kW – Leistungsaufnahme einer typischen Waschmaschine

10 bis 20 kW – Wärmeleistung einer Heizung eines Einfamilienhauses

15 kW – kurzzeitige Höchstleistung eines Pferdes (≈ 20 PS, $1 \text{ PS} \approx 0.7355 \text{ kW}$)

20 bis 300 kW – typische Leistungsabgabe eines PKW-Motors mit 27–408 PS

Megawatt – MW

1 Megawatt = 1000 Kilowatt = 1 Million Watt (10^6)

3 bis 9 MW – Nennleistung großer Windenergieanlagen

Gigawatt – GW

1 Gigawatt = 1000 Megawatt = 1 Milliarde Watt (10^9)

1 GW – typisches Kernkraftwerk

Terawatt – TW

1 Terawatt = 1000 Gigawatt = 1 Billion Watt (10^{12}) = 1 Milliarde Kilowatt

1,7 TW – durchschnittlich benötigte elektrische Leistung weltweit (Stand 2001)

44 TW – Leistung, welche die Erde als Wärme aus Erdmantel und Erdkern abgibt

Petawatt – PW

1 Petawatt = 1000 Terawatt = 1 Billionen Watt (10^{15}) = 1000 Milliarden Kilowatt

174 PW – die Erde erreichender Teil der Strahlungsleistung der Sonne (davon erreicht etwa die Hälfte die Erdoberfläche)

(Anmerkung: Im Englischen steht die Zahl „billion“ für 10^9 , entspricht also der Milliarde, die deutschsprachige Billion heißt im US-Englisch entsprechend „trillion“)



Philips Glühbirne 60W

ARBEIT = ENERGIE

Die Wattstunde (Einheitenzeichen: Wh) ist eine Maßeinheit der Arbeit bzw. der Energie. Sie gehört zwar nicht zum internationalen Einheitensystem (SI), ist zum Gebrauch mit dem SI aber zugelassen.

Eine Wattstunde entspricht der Energie, welche ein System (z. B. Maschine, Mensch, Glühlampe) mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt. Eine 50-Watt-Glühlampe, die eine Stunde lang leuchtet, setzt also 50 Wh um.

Im Alltag gebräuchlich und verbreitet ist die Kilowattstunde (kWh), das Tausendfache der Wattstunde. In dieser Einheit werden vor allem Strom-, aber auch Heizwärmekosten abgerechnet und mit Messeinrichtungen wie dem Stromzähler oder Wärmehzähler erfasst.

Anders als bei der Einheit Kilometer pro Stunde, die km/h geschrieben wird, weil dabei durch die Stunde dividiert wird, ist bei der Kilowattstunde kWh kein „/“ zu schreiben, weil hier mit der Stunde multipliziert wird. Eine Schreibweise „kW/h“ ist daher falsch.

Die Wattstunde leitet sich aus der SI-Einheit Joule ab:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Ws (Wattsekunde)}$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws (Wattsekunden)} = 3600 \text{ Joule} = 3,6 \text{ Kilojoule (kJ)}.$$

Die Einheit Wattstunde wird meistens mit dem dezimalen SI-Vorsatz Kilo verwendet (z. B. bei der Stromabrechnung).

$$1 \text{ Kilowattstunde (kWh)} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ Watt} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ Megajoule (MJ)}$$

Wenn beispielsweise eine Solaranlage mit der Leistung von einem Kilowatt eine Stunde lang Sonnenlicht in elektrische Energie umwandelt, so entspricht das einer Energie einer Kilowattstunde.

Bei der Angabe der Stromproduktion von Elektrizitätswerken oder des Bedarfs an elektrischer Energie ganzer Länder werden die Vorsätze Mega (M) (für eine Million), Giga (G) (für eine Milliarde) oder Tera (T) (für eine Billion) der entsprechenden Einheit verwendet, um handlichere Zahlenwerte zu erhalten: so entsprechen z. B. 1000 Megawattstunden einer Gigawattstunde (GWh) usw.

Grundeinheit der Energie im internationalen Einheitensystem ist 1 Joule (auch Wattsekunde). Benannt nach James Prescott Joule, wird diese Einheit heute für alle Energieformen verwendet, also auch für die Arbeit und Wärmemenge.

Wie jede abgeleitete Einheit kann das Joule durch Basiseinheiten ausgedrückt werden. Mit den Einheiten kg, m und s gilt:

$$1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$$

Joule – J

1 Joule = 1.000 Millijoule

1 J = 1 Ws = 1 Nm

1 J = Arbeit des menschlichen Herzens pro Schlag

4,18 J = erwärmt unter Normbedingungen 1 g Wasser um 1 K (in veralteten Einheiten: = 1 cal)

Kilojoule – kJ

1 Kilojoule = 1000 Joule

1 kJ $\approx$ 0,278 · 10⁻³ kWh $\approx$ 0,3 Wh

4,18 kJ = erwärmt 1 kg Wasser um 1 K = 1 Kilokalorie

38 kJ = physiologischer Brennwert, das heißt für den menschlichen Körper nutzbarer Energiegehalt, von 1 g Fett $\hat{=}$ 9kcal (kilocalorie)

Megajoule – MJ

1 Megajoule = 1000 Kilojoule = 0.2778 kWh

2,3 MJ = physiologischer Brennwert von 100 g Schokolade $\hat{=}$ 550kcal

3,6 MJ = 1 Kilowattstunde (kWh) – Abrechnungseinheit für Energie wie Stromverbrauch, Heizleistung

10–15 MJ = täglicher Energiebedarf des Menschen, Mittelwert, variabel nach Alter, Geschlecht und weiteren Faktoren = 1430 - 3100 kcal

Gigajoule – GJ

1 Gigajoule = 1000 Megajoule

1 GJ $\approx$ 278 kWh

11 GJ $\approx$ 3,1 MWh Bedarf an elektrischer Energie eines Zwei-Personen-Privathaushalts pro Jahr

Terajoule – TJ

1 Terajoule = 1000 Gigajoule

1 TJ $\approx$ 278 MWh = 278`000 kWh

56 TJ = freiwerdende Explosionsenergie der Atombombe Little Boy über Hiroshima (entspricht 13,4 kt TNT)

Petajoule – PJ

1 Petajoule = 1000 Terajoule

1 PJ $\approx$ 278 GWh = 278 Mio kWh

31,536 PJ = 8760 GWh = 1 Gigawattjahr – Energieabgabe eines 1-Gigawatt-Kraftwerks in einem Jahr (Gemeinjahr mit 365 Tagen)

89,9 PJ = vollständige Umwandlung von 1 kg Materie in Energie ($E=mc^2$)



Kiss #12, John Chamberlain, 1979

**Vademecum «WAS ZÄHLT? - STOFF-WECHSEL II»
September 2021**

**Mit Unterstützung von Arend Kölsch (Datensammlungen Baustoffe /-teile und Photovoltaik)
Annette Gigon, Kathrin Sindelar, Moritz Holenstein, Ania Tschenett, Stefan Jos, Anouk Fischer, Joël Liechti, Linda Bühler
Dank an Prof. Dr. Arno Schlüter, Dr. Illias Hischier, Prof. Dr. Guillaume Habert, Dr. Rolf Frischknecht, Katrin Pfäffli und
Prof. Dr. Alexander Hollberg
Druck: Druckzentrum ETH Höggerberg**

